

Studi Komparasi Video Watermarking dengan Algoritma Discrete Wavelet Transform dan Discrete Cosine Transform**Kurnia Maulida**Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : kurniamaulida16030214017@mhs.unesa.ac.id**Abstrak**

Perkembangan teknologi di era digital berkembang dengan sangat cepat setiap harinya. Dengan perkembangan teknologi digital saat ini, media sosial dapat memudahkan kita untuk mengakses serta mendistribusikan teks, gambar, video, dan lainnya. Risiko terjadinya kejahatan di video lebih tinggi dibandingkan dengan teks dan gambar. Digital watermarking dapat digunakan untuk melindungi informasi digital dari manipulasi dan distribusi ilegal. Penyisipan watermark umumnya dilakukan dalam domain spasial atau domain frekuensi. Metode yang digunakan adalah Discrete Wavelet Transform (DWT) dan Discrete Cosine Transform (DCT). DWT digunakan untuk mendapatkan komponen multi-resolusi yaitu horisontal, vertikal dan diagonal dari suatu gambar. Sedangkan, DCT memisahkan setiap blok gambar menjadi pita frekuensi rendah, sedang dan tinggi. PSNR adalah rasio antara kekuatan maksimum yang mungkin dari sinyal dan kekuatan noise yang merusak. Berdasarkan penelitian yang dilakukan penulis semakin besar koefisien DCT/DWT maka semakin bagus kualitas gambar hasil ekstrak. Hasil uji coba menunjukkan nilai PSNR video watermark menggunakan DWT lebih besar daripada nilai PSNR video watermark menggunakan DCT. Namun, selisih nilai PSNR antara DWT dan DCT sangat kecil. Nilai PSNR video watermark lebih kecil dari 30 mengindikasikan kedua video memiliki kemiripan yang rendah. Semakin besar nilai PSNR video semakin bagus kualitas video tersebut.

Kata kunci: Watermarking, Video, Discrete Wavelet Transform, Discrete Cosine Transform**Abstract**

The development of technology in the digital era is growing very fast every day. With the current development of digital technology, social media can make it easier for us to access and distribute text, images, videos, and more. The risk of crime on video is higher than that of text and images. Digital watermarking can be used to protect digital information from manipulation and illegal distribution. Watermark insertion is generally done in the spatial domain or frequency domain. The methods used are Discrete Wavelet Transform (DWT) and Discrete Cosine Transform (DCT). DWT is used to obtain multi-resolution components namely horizontal, vertical and diagonal of an image. Meanwhile, DCT separates each image block into low, medium and high frequency bands. PSNR is the ratio between the maximum possible strength of the signal and the strength of the destructive noise. Based on research conducted by the author, the greater the DCT / DWT coefficient, the better the quality of the extracted image. The test results show that the PSNR value of video watermark using DWT is greater than the PSNR value of video watermark using DCT. However, the difference in PSNR values between DWT and DCT is very small. The PSNR value of the video watermark is smaller than 30, indicating that the two videos have low similarities.

The greater the PSNR value of the video, the better the video quality.

Keywords : Watermarking, Video, Discrete Wavelet Transform, Discrete Cosine Transform**1. PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi di era digital berkembang dengan sangat cepat setiap harinya. Berdasarkan Statista, pada tahun 2019 jumlah pengguna internet di seluruh dunia adalah 4,13 miliar, meningkat dari 3,92 miliar pada tahun sebelumnya. Akses yang lebih mudah ke komputer, modernisasi negara-negara di seluruh dunia dan meningkatnya penggunaan smartphone memberikan orang kesempatan untuk menggunakan internet lebih sering dan nyaman (Clement, 2020). Berdasarkan Hootsuite dan We are Social, ada 3,48 miliar pengguna media sosial pada

tahun 2019, meningkat 288 juta (9 persen) dari tahun sebelumnya. GlobalWebIndex melaporkan bahwa 92 persen dari pengguna internet menonton video online setiap bulan (Kemp, 2019).

Dengan perkembangan teknologi digital saat ini, media sosial dapat memudahkan kita untuk mengakses serta mendistribusikan teks, gambar, video, dan lainnya. Beberapa tahun lalu, media sosial hanya bisa mendistribusikan teks dan gambar. Karena itu, banyak sekali orang yang membuat blog pribadi. Namun peminat blog sekarang semakin berkurang. Orang lebih berminat menonton video dibandingkan membaca blog karena orang

lebih tertarik dengan visual daripada membaca yang membutuhkan kemampuan berpikir dan berimajinasi. Oleh karena itu, saat ini banyak sekali orang yang mulai beralih dari blog ke video blog (vlog).

Risiko terjadinya kejahatan di video lebih tinggi dibandingkan dengan teks dan gambar. Banyak sekali kasus-kasus pelanggaran hak cipta video digital. Salah satunya adalah kasus pelanggaran hak cipta yang dilakukan oleh satu channel dengan mengambil konten video dari channel lainnya, dan mengupload video tersebut sama persis hingga bagian thumbnailnya (Aditia, 2019). Digital watermarking dapat digunakan untuk melindungi informasi digital dari manipulasi dan distribusi ilegal (Mane & Chiddarwar, 2013). Oleh karena itu, watermarking diperlukan untuk melindungi video digital dari pelanggaran hak cipta. Watermarking adalah proses memasukkan informasi hak cipta ke dalam data sampel, juga disebut data host untuk melindungi hak intelektual dan keaslian data sampel. Data host dapat berupa teks, audio, video, dll (Shahid & Kumar, 2018). Penyisipan watermark umumnya dilakukan dalam domain spasial atau domain frekuensi (Assini, Badri, Safi, Sahel, & Baghdad, 2018).

Dua jenis transformasi domain frekuensi yang paling sering digunakan dalam watermarking adalah Discrete Wavelet Transform (DWT) dan Discrete Cosine Transform (DCT). DWT digunakan untuk mendapatkan komponen multi-resolusi yaitu horisontal, vertikal dan diagonal dari suatu gambar (Eswaraiah, Edara, & Reddy, 2012). DWT memproses gambar dengan membaginya menjadi empat sub band non-resolusi banyak LL (rendah-rendah), LH (rendah-tinggi), HL (tinggi-rendah) dan HH (tinggi-tinggi). Subband LL mewakili koefisien DWT skala kasar (perkiraan) sedangkan subband lainnya mewakili skala halus koefisien WT (detail) (Mawande & Dakhore, 2017). DCT memisahkan setiap blok gambar menjadi pita frekuensi rendah, sedang dan tinggi (Eswaraiah, Edara, & Reddy, 2012), Sehingga lebih mudah untuk menanamkan informasi watermark ke pita frekuensi tengah dari suatu gambar (Chetna, 2014).

Peak Signal to-Noise Ratio (PSNR) digunakan untuk membandingkan kualitas video hasil watermark dengan video aslinya. PSNR adalah rasio antara kekuatan maksimum yang mungkin dari sinyal dan kekuatan noise yang merusak (Sardana & Singh, 2016). Oleh karena itu, akan dilakukan studi komparasi video watermarking dengan Algoritma DWT dan DCT.

2. KAJIAN TEORI

A. Discrete Cosine Transform (DCT)

Transformasi Fourier pada awalnya digunakan oleh masalah konduksi panas dan kemudian digunakan sejumlah besar aplikasi serta memberikan dasar untuk

transformasi lain, seperti DCT. Banyak algoritma kompresi video dan gambar menerapkan DCT untuk mengubah gambar ke domain frekuensi dan melakukan kuantisasi untuk kompresi data. Ini membantu memisahkan gambar menjadi bagian-bagian (atau sub-band spektral) yang memiliki hierarki kepentingan (berkenaan dengan kualitas visual gambar). Teknologi JPEG yang terkenal menggunakan DCT untuk mengompres gambar.

Kernel transformasi Fourier memuat bilangan kompleks. DCT diperoleh dengan hanya menggunakan bagian nyata dari kernel kompleks Fourier. Jika $f(x, y)$ menunjukkan gambar dalam domain spasial dan $F(u, v)$ menunjukkan gambar dalam domain frekuensi, persamaan umum untuk DCT 2D adalah

$$F(u, v) = C(u)C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right) \quad (1)$$

Di mana jika $u = v = 0, C(u) = C(v) = \sqrt{\frac{1}{N}}$; jika tidak, $C(u) = C(v) = \sqrt{\frac{2}{N}}$

Invers DCT dapat direpresentasikan sebagai

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u)C(v)F(u, v) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right) \quad (2)$$

Metode yang lebih mudah untuk mengekspresikan DCT 2D adalah dengan produk matriks sebagai $F = MfM^T$, dan Kebalikannya DCT adalah $f = M^T F M$, di mana F dan f adalah matriks data 8×8 dan M adalah matriks berikut:

$$M = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{8}} & \frac{1}{\sqrt{8}} & \dots & \frac{1}{\sqrt{8}} \\ \frac{1}{2} \cos \frac{1}{16} \pi & \frac{1}{2} \cos \frac{3}{16} \pi & \dots & \frac{1}{2} \cos \frac{15}{16} \pi \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{1}{2} \cos \frac{7}{16} \pi & \frac{1}{2} \cos \frac{21}{16} \pi & \dots & \frac{1}{2} \cos \frac{105}{16} \pi \end{bmatrix} \quad (3)$$

Koefisien DCT yang diperoleh menunjukkan korelasi antara blok 8×8 asli dan masing-masing gambar dasar DCT. Koefisien ini mewakili amplitudo dari semua gelombang kosinus yang digunakan untuk mensintesis sinyal asli dalam proses invers. Transformasi Fourier cosine mewarisi banyak properti dari transformasi Fourier, dan ada aplikasi lain dari DCT yang dapat dicatat (Shih, 2017).

B. Discrete Wavelet Transform (DWT)

DWT telah digunakan dalam watermarking gambar digital lebih sering karena pelokalan spasial yang sangat baik dan karakteristik multi-resolusi, yang mirip dengan model teoritis dari sistem visual manusia (Ingale & Dhote, 2016). DWT merupakan pendekatan transformasi sederhana dan cepat yang menerjemahkan gambar dari domain spasial ke domain frekuensi. Berbeda dengan DFT dan DCT, yang mewakili sinyal baik dalam domain spasial

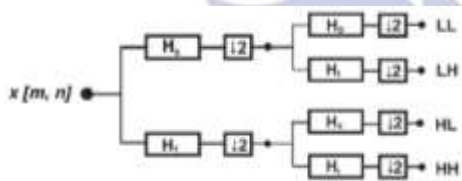
atau frekuensi, DWT mampu mewakili kedua interpretasi secara bersamaan. Ini digunakan dalam kompresi JPEG 2000 dan telah menjadi semakin populer.

Wavelet adalah fungsi yang berintegrasi ke nol melambai di atas dan di bawah sumbu x. Seperti sinus dan cosinus dalam transformasi Fourier, wavelet digunakan sebagai fungsi dasar untuk representasi sinyal dan gambar. Fungsi dasar tersebut diperoleh dengan melebarkan dan menerjemahkan mother wavelet $\varphi(x)$ masing-masing dengan jumlah s dan τ .

$$\varphi_{\tau,s}(x) = \left\{ \varphi\left(\frac{x-\tau}{s}\right), (\tau, s) \in R \times R^+ \right\} \quad (4)$$

Translasi dan dilatasi memungkinkan transformasi wavelet dilokalisasi dalam waktu dan frekuensi. Juga, fungsi berbasis wavelet dapat mewakili fungsi dengan diskontinuitas dan dengan cara yang lebih kompak daripada sinus dan kosinus (Shih, 2017).

Wavelet mempunyai dua fungsi utama yaitu filtering dan penskalaan. Proses filtering pada image bertujuan untuk mendapatkan informasi tertentu dari sinyal image. Sedangkan fungsi penskalaan menghasilkan Mother Wavelet. Image ditransformasi bagi (dekomposisi) menjadi 4 subimage yaitu LL (Low-Low), LH (Low-High), HL (High-Low), dan HH (High-High). Subimage LL merupakan subimage yang paling halus dari image asli. Sedangkan HL, LH, dan HH memiliki frekuensi tinggi dari image sehingga dapat disebut versi kasar dari image asli (Anisah, Harjito, & Suryani, 2015).



Gambar 1. Transformasi Wavelet 2D 1 level

Hasil dekomposisi dari image 1 level menghasilkan 4 koefisien, yaitu:

- LL didapat dari proses tapis Low pass yang kemudian dilanjutkan Low pass.
- LH didapat dari proses tapis Low pass yang kemudian dilanjutkan High pass.
- HL merupakan hasil dari proses tapis High pass yang kemudian dilanjutkan Low pass.
- HH adalah hasil dari proses tapis High pass yang kemudian dilanjutkan High pass lagi.

Hasil transformasi wavelet digambarkan dalam skema berikut ini:



Gambar 2. Skema Transformasi wavelet 2D 1 level

Berikut skema transformasi wavelet 2 level 1 (Anisah, Harjito, & Suryani, 2015) :



Gambar 3. Skema Transformasi wavelet 2D 2 level

C. Pengukuran Digital Watermarking

Peak signal to-noise ratio (PSNR) mengukur rasio kekuatan sinyal maksimum terhadap perbedaan kuadrat rata-rata (MSE), yang diberikan sebagai berikut :

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[\frac{255^2}{MSE} \right] \quad (5)$$

di mana MSE dapat dihitung sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{N_1 N_2 N_3} \sum_{n_1=0}^{N_1} \sum_{n_2=0}^{N_2} \sum_{k=0}^{N_3} (s[n_1, n_2, k] - \hat{s}[n_1, n_2, k])^2 \quad (6)$$

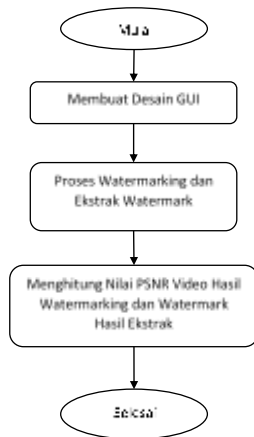
Dimana n_1, n_2, k adalah koordinat dari video, N_1, N_2, N_3 adalah dimensi dari video, $s[n_1, n_2, k]$ adalah video asli, $\hat{s}[n_1, n_2, k]$ adalah video hasil watermarking (Tekalp, 2015).

Dalam kasus ideal, PSNR harus tak terbatas dan MSE harus nol. Tapi ini tidak mungkin untuk gambar watermark, sehingga PSNR besar dan MSE kecil yang diperlukan (Mawande & Dakhore, 2017). Semakin tinggi nilai PSNR, semakin baik proses rekonstruksi (Kaur & Singh, 2011).

3. METODE

Perancangan dilakukan dengan membuat interface dan perancangan prosedur-prosedur yang akan digunakan. Hasil rancangan kemudian akan diimplementasikan dengan menggunakan Matlab R2015B. Tahapan-tahapan dalam membuat program ini dapat dilihat dalam flowchart dibawah ini.

STUDI KOMPARASI VIDEO WATERMARKING DENGAN ALGORITMA DISCRETE WAVELET TRANSFORM DAN DISCRETE COSINE TRANSFORM



Gambar 4. Diagram Alir

Pembuatan aplikasi dilakukan dalam tahap sebagai berikut :

1. Pembuatan desain GUI pada Matlab R2015B.
2. Proses watermarking sebagai berikut :
 - a. Video diubah menjadi beberapa frame dalam bentuk 3D matriks.
 - b. Setiap frame akan dipecah menjadi 3 layer dalam bentuk 2D matriks yaitu layer R, layer G, dan layer B.
 - c. Setiap layer dilakukan proses watermarking menggunakan metode DWT sebagai berikut:
 - Setiap layer dan gambar watermark didekomposisi.
 - Kemudian diambil bagian LL dari setiap layer dan gambar watermark
 - Bagian LL yang akan disisipkan= $layer_LL + (0.5 * watermark_LL)$
 - Dilakukan inverse DWT untuk mengembalikan data citra ke domain spasial.

Setiap layer dilakukan proses watermarking menggunakan metode DCT sebagai berikut:

- Setiap layer dan gambar watermark dilakukan transformasi DCT.
- Kemudian diambil bagian koefisien berfrekuensi tengah dari setiap layer dan gambar watermark
- bagian koefisien berfrekuensi tengah yang akan disisipkan= $layer + (0.5 * watermark)$
- Dilakukan inverse DCT untuk mengembalikan data citra ke domain spasial.

- d. Setiap Layer R, layer G, dan layer B yang telah dilakukan watermarking dijadikan satu frame.
 - e. Setiap frame diubah kembali menjadi video.
 3. Proses ekstrak watermark sebagai berikut :
 - a. Video diubah menjadi beberapa frame dalam bentuk 3D matriks.
 - b. Setiap frame akan dipecah menjadi 3 layer dalam bentuk 2D matriks yaitu layer R, layer G, dan layer B.
 - f. Setiap layer dilakukan proses ekstrak watermark menggunakan metode DWT sebagai berikut:
 - Setiap layer dan gambar watermark didekomposisi.
 - Kemudian diambil bagian LL dari setiap layer dan gambar watermark
 - Bagian LL yang akan diekstrak= $(layer_LL - watermark_LL) / 0.5$
 - Dilakukan inverse DWT untuk mengembalikan data citra ke domain spasial.
- Setiap layer dilakukan proses ekstrak watermark menggunakan metode DCT sebagai berikut:
- Setiap layer dan gambar watermark dilakukan transformasi DCT.
 - Kemudian diambil bagian koefisien berfrekuensi tengah dari setiap layer dan gambar watermark
 - bagian koefisien berfrekuensi tengah yang akan ekstrak= $(layer - watermark) / 0.5$
 - Dilakukan inverse DCT untuk mengembalikan data citra ke domain spasial.
- c. Setiap Layer R, layer G, dan layer B hasil dari ekstrak dijadikan satu frame.
 4. Menghitung Nilai MSE dan PSNR dari video hasil watermarking dan watermark hasil ekstrak.

4. PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dilakukan komparasi video watermarking dengan algoritma Discrete Wavelet Transform dan Discrete Cosine Transform. Hasil video watermarking akan dibandingkan kualitas videonya menggunakan Peak-Signal Noise Ratio.

Proses watermarking sebagai berikut :

- a. Video diubah menjadi beberapa frame dalam bentuk 3D matriks.

b. Setiap frame akan dipecah menjadi 3 layer dalam bentuk 2D matriks yaitu layer R, layer G, dan layer B.

c. Setiap layer dilakukan proses watermarking menggunakan metode DWT sebagai berikut:

- Setiap layer dan gambar watermark didekomposisi.
- Kemudian diambil bagian LL dari setiap layer dan gambar watermark
- Bagian LL yang akan disisipkan= $\text{layer_LL} + (0.5 * \text{watermark_LL})$
- Dilakukan inverse DWT untuk mengembalikan data citra ke domain spasial.

Setiap layer dilakukan proses watermarking menggunakan metode DCT sebagai berikut:

- Setiap layer dan gambar watermark dilakukan transformasi DCT.
- Kemudian diambil bagian koefisien berfrekuensi tengah dari setiap layer dan gambar watermark
- bagian koefisien berfrekuensi tengah yang akan disisipkan= $\text{layer} + (0.5 * \text{watermark})$
- Dilakukan inverse DCT untuk mengembalikan data citra ke domain spasial.

d. Setiap Layer R, layer G, dan layer B yang telah dilakukan watermarking dijadikan satu frame.

e. Setiap frame diubah kembali menjadi video.

Proses ekstrak watermark sebagai berikut :

a. Video diubah menjadi beberapa frame dalam bentuk 3D matriks.

b. Setiap frame akan dipecah menjadi 3 layer dalam bentuk 2D matriks yaitu layer R, layer G, dan layer B.

c. Setiap layer dilakukan proses ekstrak watermark menggunakan metode DWT sebagai berikut:

- Setiap layer dan gambar watermark didekomposisi.
- Kemudian diambil bagian LL dari setiap layer dan gambar watermark
- Bagian LL yang akan diekstrak= $(\text{layer_LL} - \text{watermark_LL}) / 0.5$
- Dilakukan inverse DWT untuk mengembalikan data citra ke domain spasial.

Setiap layer dilakukan proses ekstrak watermark menggunakan metode DCT sebagai berikut:

- Setiap layer dan gambar watermark dilakukan transformasi DCT.
- Kemudian diambil bagian koefisien berfrekuensi tengah dari setiap layer dan gambar watermark
- bagian koefisien berfrekuensi tengah yang akan ekstrak= $(\text{layer} - \text{watermark}) / 0.5$
- Dilakukan inverse DCT untuk mengembalikan data citra ke domain spasial.

c. Setiap Layer R, layer G, dan layer B hasil dari ekstrak dijadikan satu frame.

Setelah proses watermarking dan ekstrak watermark, video hasil watermarking dan watermark hasil ekstrak tersebut dihitung Nilai MSE dan PSNR. Nilai PSNR dan MSE diperoleh dari persamaan 5 dan 6 diatas.



Gambar 5. Video watermark menggunakan DWT dengan koefisien 0.1



Gambar 6. Video watermark menggunakan DCT dengan koefisien 0.1



Gambar 7. Watermark diekstrak menggunakan DWT dengan koefisien 0.1



STUDI KOMPARASI VIDEO WATERMARKING DENGAN ALGORITMA DISCRETE WAVELET TRANSFORM DAN DISCRETE COSINE TRANSFORM

Gambar 8. Watermark diekstrak menggunakan DWT dengan koefisien 0.1



Gambar 9. Video watermark menggunakan DWT dengan koefisien 0.5



Gambar 10. Video watermark menggunakan DCT dengan koefisien 0.5



Gambar 11. Watermark yang diekstrak menggunakan DWT dengan koefisien 0.5



Gambar 12. Watermark yang diekstrak menggunakan DCT dengan koefisien 0.5

Tabel 1 PSNR video watermark

Koefisien	DWT	DCT
0.1	27.6589	27.6358
0.5	37.6589	37.6310

Berdasarkan gambar 7, 8, 11, dan 12 semakin besar koefisiennya maka semakin bagus kualitas gambar hasil ekstrak. Berdasarkan Tabel 1 nilai PSNR video watermark menggunakan DWT lebih besar daripada nilai PSNR video watermark menggunakan DCT. Namun, selisih nilai PSNR antara DWT dan DCT sangat kecil. Nilai PSNR video watermark lebih kecil dari 30 mengindikasikan kedua video memiliki kemiripan yang rendah. Berdasarkan Tabel 1 semakin besar nilai PSNR video semakin bagus kualitas video tersebut.

5. PENUTUP

Simpulan

Penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin besar koefisien DCT/DWT maka semakin bagus kualitas gambar hasil ekstrak.
2. Nilai PSNR video watermark menggunakan DWT lebih besar daripada nilai PSNR video watermark menggunakan DCT.
3. Nilai PSNR video watermark lebih kecil dari 30 mengindikasikan kedua video memiliki kemiripan yang rendah.
4. Semakin besar nilai PSNR video semakin bagus kualitas video tersebut.

Saran

Penelitian ini perlu dikembangkan lagi agar dapat menyisipkan watermark berupa media digital lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisah, N., Harjito, B., & Suryani, E. (2015). Digital Watermarking Image dengan Menggunakan Discrete Wavelet Transform dan Singular Value Decomposition (DWT-SVD) untuk Copyright Labeling. *ITSMART*, 4(1), 12-19.
- Aditia, A. (2019, 11 09). *Duduk Perkara Dugaan Plagiat Akun Calon Sarjana dan Permintaan Maaf CEO Infia*. (Kompas) Retrieved 01 20, 2020, from <https://www.kompas.com/hype/read/2019/11/09/104947866/duduk-perkara-dugaan-plagiat-akun-calon-sarjana-dan-permintaan-maaf-ceo?page=all>
- Assini, I., Badri, A., Safi, K., Sahel, A., & Baghdad, A. (2018). A Robust Hybrid Watermarking Technique for Securing Medical Image. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 11(3), 169-176.
- Chetna. (2014). Digital Image Watermarking using DCT. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(9), 586-591.
- Clement, J. (2020, 01 7). *Number of internet users worldwide from 2005 to 2019*. (Statista) Retrieved 01 20, 2020, from <https://www.statista.com/statistics/273018/number-of-internet-users-worldwide/>
- Eswaraiah, R., Edara, S. A., & Reddy, E. S. (2012). Color Image Watermarking Scheme using DWT and DCT Coefficients of R, G and B Color

Components. *International Journal of Computer Applications*, 50(8), 38-41.

Ingale, S. P., & Dhote, P. A. (2016). Digital Watermarking Algorithm using DWT Technique. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 5(5), 01-09.

Kaur, P., & Singh, J. (2011). A Study on the Effect of Gaussian Noise on PSNR Value for Digital Images. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 3(2), 319-321.

Kemp, S. (2019, 01 30). *Digital 2019: Global Internet Use Accelerates*. (Hootsuite and We Are Social) Retrieved 01 20, 2020, from <https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates>

Mane, G. V., & Chiddarwar, G. G. (2013). Review Paper on Video Watermarking Techniques. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(4).

Mawande, S. S., & Dakhore, H. (2017). Review of Robust Video Watermarking Using DWT, SVD and DCT. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 6(3), 193-194.

Sardana, D., & Singh, A. (2016). 3-Level DWT Based Digital Image Watermarking. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 7(3), 1615-1619.

Shahid, M., & Kumar, P. (2018). Digital Video Watermarking: Issues and Challenges. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 7(4), 400-405.

Shih, F. Y. (2017). *Digital Watermarking and Steganography: Fundamentals and Techniques (Second Edition)*. Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press.

Tekalp, A. M. (2015). *Digital Video Processing Second Edition*. Pearson Education, Inc.