

Perancangan Integrasi Watermarking Pada Kompresi Video H.265 Dengan Metode Discrete Wavelet Transform Dan Spektral Tersebar

Design Of Watermarking Integration On Video H.265 Compression With Discrete Wavelet Transform And Spread Spectrum Methods

Maharani Meidyrosha N.¹, Dr. Ida Wahidah H., S.T., M.T.², Sofia Saidah, S.T., M.T.³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ maharanimeidy@student.telkomuniversity.ac.id, ² wahidah@telkomuniversity.ac.id,

³ sofiasaidahsfi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Video watermarking adalah suatu teknik penyisipan data digital berupa teks, citra atau video ke dalam suatu video digital secara tidak terlihat. H.265/HEVC adalah suatu standard video coding ITU-T terbaru dengan kelebihan dapat mengurangi bitrate sekitar 50% dibanding dengan standard H.264. Pada tugas akhir ini, dibuat program simulasi sistem integrasi watermarking citra biner pada kompresi video H.265 dengan menggunakan algoritma *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Pada proses *embedding* akan digunakan teknik penyisipan *least significant bit* (LSB) dan metode *spread spectrum* menggunakan pola bilangan acak yang dibangkitkan oleh *pseudo random number* (PRN) *sequences generator*. Berdasarkan hasil simulasi, pengaruh jenis video pada proses watermarking memiliki nilai PSNR tertinggi pada video VGA jenis footage dengan objek lambat yaitu 15.967 dB. Pengaruh panjang *pseudo number* (PN) yang menghasilkan nilai PSNR tertinggi pada setiap video pengujian yaitu sebanyak 128 bit. Pengaruh subband sebagai wadah penyisipan diperoleh nilai PSNR tertinggi jika *watermark* disisipkan pada subband LH. Pengaruh nilai *quantization parameter* (QP) pada proses kompresi yang menghasilkan video masih dapat dilihat dan tidak mengganggu pada nilai QP = 5 dan QP = 10. Sedangkan pada citra *watermark* hasil ekstraksi untuk seluruh pengujian memperoleh nilai BER = 0, PSNR = ∞ dB, *detection rate* (DR) = 100%, dan SSIM = 1.

Kata kunci : *watermark, H.265/HEVC, DWT, LSB, PRN Sequences*

Abstract

Video watermarking is a digital data insertion technique in the form of text, image or video into a digital video, where its presence is not visible to the human eye. H.265 / HEVC is the latest ITU-T video coding standard with the advantage of reducing bitrate by about 50% compared to the H.264 standard. In this final project, a simulation program is made for a binary image watermarking system integration in H.265 video compression using the Discrete Wavelet Transform (DWT) algorithm. In the embedding process, the least significant bit (LSB) insertion technique and the spread spectrum method will be used using a random number pattern generated by a pseudo random number (PRN) sequences generator to increase the security of the watermark image on the video. Based on the simulation results, the effect of video type on the watermarking process has the highest PSNR value on the VGA video footage type with slow objects that is 15,967 dB. The influence of the length of the pseudo number (PN) which produces the highest PSNR value on each test video is 128 bits. The effect of the subband as the insertion container is obtained the highest PSNR value if the watermark is inserted in the LH subband. The effect of the quantization parameter (QP) on the compression process that produces video can still be seen and does not interfere with the values of QP = 5 and QP = 10. Whereas the extracted watermark images for all tests obtain BER = 0, PSNR = ∞ dB, detection rate (DR) = 100%, and SSIM = 1.

Keywords: *watermark, H.265 / HEVC, DWT, LSB, PRN Sequences*

1 Pendahuluan

Saat ini kebutuhan akan media digital sangatlah besar seiring dengan berkembangnya teknologi internet yang kini semakin cepat dan mudah diakses. Segala sesuatu yang berformat digital mudah sekali dicari, disimpan, digandakan, atau disebarluaskan. Watermarking digital adalah salah satu upaya dalam menjaga keamanan media digital dan sarana untuk memverifikasi keaslian data dari penyalinan ilegal dan manipulasi data. Sudah banyak teknik penyembunyian informasi pada media digital dengan tujuan yang berbeda dan juga untuk perlindungan hak cipta. Teknik watermarking adalah dengan menyisipkan data yang disebut 'watermark' atau label ke dalam data asli[1]. Dengan berkembangnya penggunaan *watermarking* saat ini, berkembang pula metode - metode yang diterapkan pada proses digital watermarking. Pada penggunaan *watermarking* jika dilihat visualisasinya atau sudut pandang manusia maka terdapat 2 jenis metode yang dapat digunakan yaitu visible watermarking dan invisible watermarking. Sedangkan menurut ranah teknologi yang digunakan, penggunaan teknik watermarking dapat dibagi dalam 2 tipe yaitu domain spasial dan domain frekuensi. Penyisipan tanda

watermark pada ranah frekuensi akan menghasilkan video *watermark* yang lebih *robust* dibandingkan dengan domain spasial[1].

Penelitian ini mengembangkan teknik *watermarking* video dengan menggunakan algoritma DWT dan PRN *generator* untuk pengamanan watermark pada video berbasis H.265. H.265 atau *High Efficiency Video Coding* (HEVC) adalah sebuah teknologi video *codec* yang baru. HEVC merupakan standard kompresi video penerus dari standard kompresi H.264.

2 Dasar Teori

2.1 Standard H.265/HEVC

HEVC adalah standard baru untuk kompresi video yang memiliki potensi untuk memberikan kinerja yang lebih baik daripada standard sebelumnya seperti H.264/AVC. Sumber video, terdiri dari serangkaian video frame, dikodekan atau dikompresi oleh encoder video HEVC untuk membuat bitstream kompresi video. Bitstream kompresi disimpan atau ditransmisikan untuk membuat urutan decoded frame [3].

2.2 Transformasi pada HEVC

Pada [2] diketahui bahwa transformasi yang digunakan pada proses kompresi HEVC adalah metode *Discrete Cosine Transform* (DCT) untuk mendukung teknik pengkodean CABAC. Selain DCT, *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dapat digunakan untuk mendukung teknik pengkodean yang sama.

2.3 Discrete Wavelet Transform (DWT)

Proses dalam transformasi DWT adalah melewatkan sinyal yang akan dianalisis pada filter dengan skala dan frekuensi yang berbeda. Sebuah sinyal harus dilewatkan dalam dua proses filter DWT yaitu *highpass filter* dan *lowpass filter*.

2.4 Watermarking

Watermarking merupakan suatu bentuk dari *Steganography*, yaitu ilmu yang mempelajari bagaimana menyembunyikan suatu data pada data lain. *Watermarking* pada media digital tidak akan dirasakan kehadirannya oleh manusia tanpa alat bantu mesin pengolah digital seperti komputer. *Watermarking* memanfaatkan kekurangan-kekurangan system indera manusia seperti mata dan telinga. Dengan adanya kekurangan inilah, metode *watermarking* ini dapat diterapkan pada berbagai data digital. Jadi *watermarking* merupakan suatu cara untuk menyembunyikan atau menanam suatu data/informasi tertentu ke dalam suatu data digital lainnya, tetapi tidak diketahui kehadirannya oleh indera manusia[4].

2.5 Spread Spectrum

Metode *spread spectrum* yang digunakan pada proses penyembunyian dan pengambilan data, yaitu dengan cara membangkitkan dua kelompok bilangan *random* bernilai '0' dan '1' dengan panjang yang telah ditentukan sebagai pengkodean data *watermark* yang bernilai '0' atau '1'. *Spread spectrum* biasanya menggunakan *pseudo random generator* untuk menyebar data (*watermark*) yang akan disisipkan kedalam media pembawanya (host citra).

2.6 Least Significant Bit (LSB)

Metode LSB ini merupakan metode yang sederhana. Metode ini mengubah nilai bit terakhir dari sebuah *byte* komponen luminansi atau warna menjadi bit yang bersesuaian dengan bit dari *watermark* yang akan disembunyikan. Metoda ini akan menghasilkan rekonstruksi video yang mirip dengan aslinya, karena hanya mengubah nilai *byte* menjadi satu nilai lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai *byte* sebelumnya.

3 Desain dan Simulasi Sistem

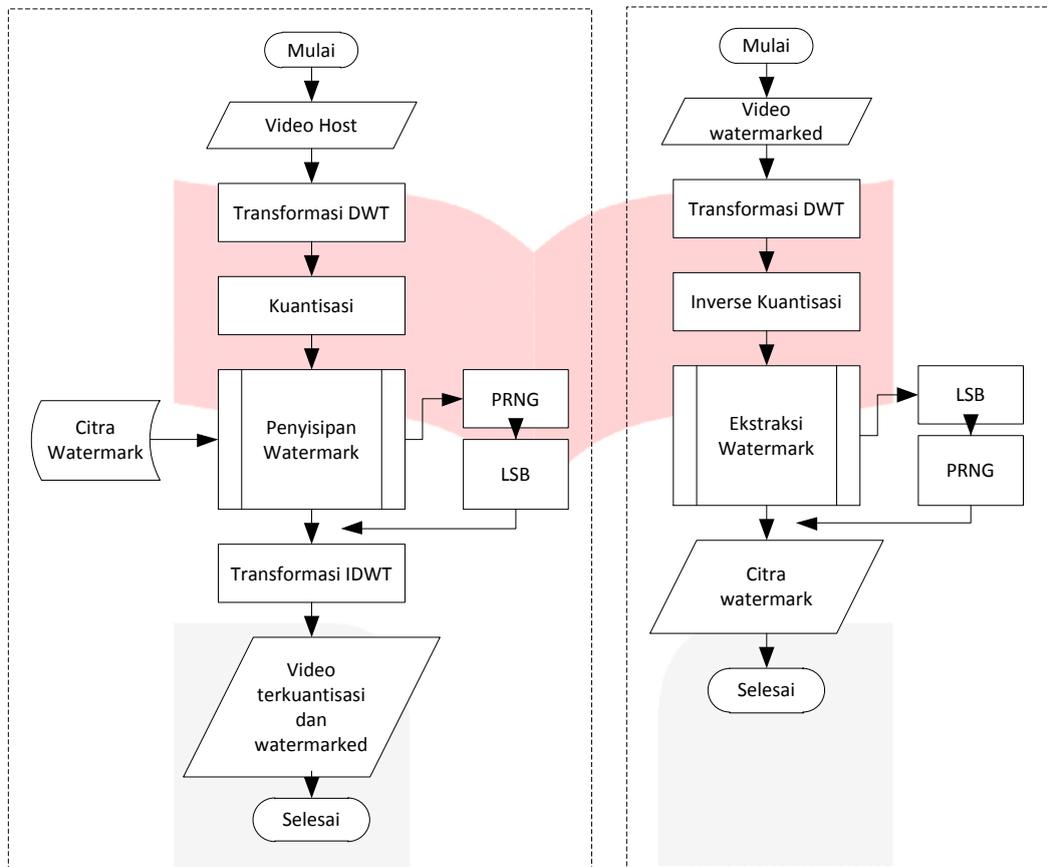
3.1 Proses penyisipan-ekstraksi

Pada gambar 1 adalah sistem *video watermarking* yang memiliki dua tahapan yang penting dalam proses penyisipan *watermarking*, yaitu penyisipan (*embedding*) dan ekstraksi (*extraction*).

Secara rinci, proses penyisipan:

1. Video host berupa video RAW tanpa suara dilakukan partisi menjadi frame-frame pembentuk video. Pada setiap frame dilakukan proses pembagian *Coding Tree Units* (CTU) dan kemudian *Coding Units* (CU).
2. Frame ditransformasi menggunakan algoritma transformasi DWT menghasilkan subband LL, LH, HL, dan HH.
3. Subband yang dipilih untuk wadah penyisipan citra adalah LH, HL, dan HH dilakukan proses *watermarking* menggunakan algoritma penyisipan LSB dan PRNG. *Watermark* yang disisipkan berupa citra biner.

4. Setelah dilakukan proses *watermarking*, dilanjutkan ke proses kompresi yakni proses kuantisasi dengan nilai parameter kuantisasi sebesar 5, 10, 15 dan 30.
5. Dihasilkan video terkompresi dan telah diberi *watermark*.
6. Pada proses *decoding* dilakukan secara terbalik dimulai dari 5 sampai 1. Hasil dari proses *decoding* adalah citra *watermark* hasil ekstraksi.



Gambar 1 Diagram alir *encoding* dan *decoding* watermark pada proses H.265/HEVC

3.2 Kriteria Pengujian

3.2.1 Video

Video host yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah video *grayscale* dengan ukuran resolusi VGA dan HD. Dari setiap video akan dilakukan proses kompresi kemudian disisipkan citra *watermark*. Proses akuisisi video menghasilkan frame berupa gambar diam dari tiap durasi video host yang digunakan dengan resolusi sesuai dengan resolusi video host.

Tabel 1. Kriteria Video Pengujian

Nama	Resolusi	Jenis Video	Keterangan
1.VGA_animation_OL[5]	VGA (640×360 px)	Animasi	Objek Bergerak Lambat, tidak detail
2.VGA_animation_tekstur[6]	VGA (640×360 px)	Animasi	Objek bergerak lambat, detail gambar jelas
3.VGA_footage_OC[7]	VGA (640×360 px)	Rekaman langsung	Objek bergerak cepat
4.VGA_footage_OL[8]	VGA (640×360 px)	Rekaman langsung	Objek bergerak lambat
5.HD_animation_BT[9]	HD (1280×720 px)	Animasi	<i>Background</i> tetap, Objek hanya bergerak pada 1 area
6.HD_animation_tekstur[6]	HD (1280×720 px)	Animasi	Objek bergerak lambat, detail gambar jelas
7.HD_footage_BT[10]	HD (1280×720 px)	Rekaman langsung	<i>Background</i> tetap, Objek hanya bergerak pada 1 area

Tabel 1. Kriteria Video Pengujian (lanjutan)

Nama	Resolusi	Jenis Video	Keterangan
8.HD_footage_OC[11]	HD (1280×720 px)	Rekaman langsung	Objek bergerak cepat
9.HD_footage_OL[12]	HD (1280×720 px)	Rekaman langsung	Objek bergerak lambat

3.3 Citra Watermark

Citra yang akan digunakan sebagai pesan tersembunyi diubah kedalam bit untuk mendapatkan bit yang disisipkan pada I-frame video. I-frame pada setiap video akan disisipkan dengan citra watermark yang sama. Citra watermark yang digunakan merupakan citra tipe biner yang diwakilkan dengan angka 1 atau 0, sehingga hanya memiliki 1 layer warna. Citra yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan 1 citra dengan ukuran 8×8 piksel seperti ditunjukkan pada gambar 2.



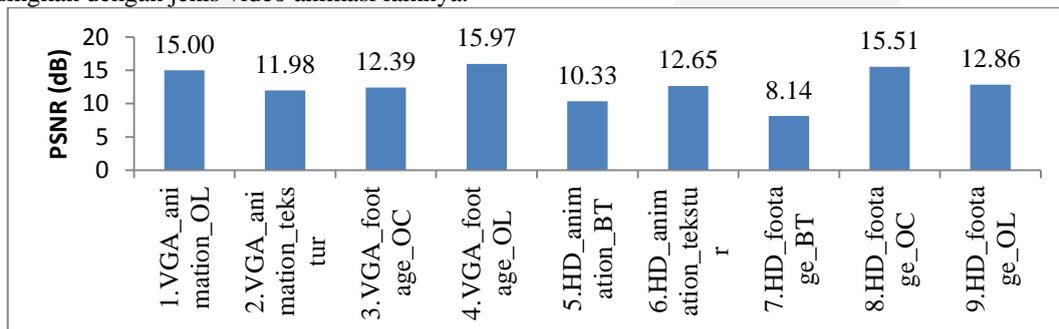
Gambar 2. Citra a.jpg resolusi 8×8

4 Hasil dan Analisis

Berdasarkan data pengujian maka skenario pengujian yang dilakukan dalam menganalisis performansi system yang telah dirancang adalah:

4.1 Pengaruh jenis video sebagai host dengan menggunakan citra watermark yang sama terhadap MSE dan PSNR pada video watermarked dan citra watermark hasil ekstraksi.

Konten video yang beragam menghasilkan hasil PSNR yang berbeda-beda pula. Pada jenis video HD dengan objek cepat menghasilkan PSNR tertinggi yaitu 15.513 dB. Jenis video VGA dengan objek lambat menunjukkan nilai PSNR yang cukup baik yaitu 15.967 dB. Nilai pengukuran video jenis animasi dengan background tetap memiliki kriteria blok warna yang seragam dan tidak memiliki perubahan gerakan yang besar mempermudah proses kuantisasi sehingga memungkinkan untuk memiliki nilai PSNR yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis video animasi lainnya.



Gambar 2. Grafik PSNR pengaruh jenis video

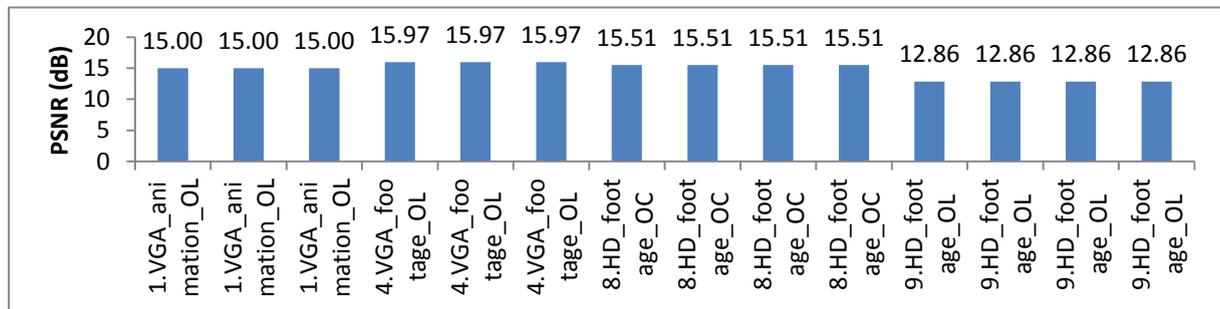
Watermark terdeteksi dengan benar pada setiap frame dan dapat dikembalikan secara utuh. Hal ini ditunjukkan dengan nilai BER adalah 0 yang berarti tidak ada bit error saat proses ekstraksi dilakukan. Nilai PSNR dengan nilai tak terhingga menunjukkan bahwa citra watermark hasil ekstraksi sangat mirip dengan citra watermark asli atau berarti tidak ada kerusakan sama sekali. Nilai DR sebesar 100% menunjukkan bahwa seluruh frame yang disisipkan watermark dapat mengekstraksi citra watermark dengan benar tanpa ada kerusakan.

4.2 Hasil pengujian pengaruh panjang PN

Pada Skenario 2, video diuji dengan panjang PN yang berbeda yaitu 128, 256, 512, dan 1024 bit. Pada video dengan ukuran VGA panjang PN hanya bisa sampai dengan 512 bit. Sedangkan dengan ukuran HD dapat disisipkan dengan panjang PN sampai 1024 bit. Pada gambar grafik 3 ditunjukkan bahwa pengaruh dari panjang PN tidak terlalu signifikan hanya turun sekitar 0.001 dari PSNR video yang disisipkan dengan panjang PN yang lebih sedikit. Namun, nilai PSNR terbaik bila panjang PN yang disisipkan sebanyak 128 bit pada setiap video pengujian. Maka, semakin sedikit panjang PN untuk pengkodean watermark, semakin baik juga nilai PSNR frame video yang dihasilkan.

Setelah dilakukan proses watermarking, kemudian dilakukan proses ekstraksi citra watermark. Karena diketahui key1 dan key2 sebagai pembangkit kode pengganti citra watermark yang asli, maka citra watermark dapat diekstraksi dengan baik. Dengan berbagai panjang PN, citra watermark dapat terdeteksi dengan baik pada setiap frame dan dapat dikembalikan secara utuh dengan ditunjukkan pada nilai BER yaitu 0, PSNR tak

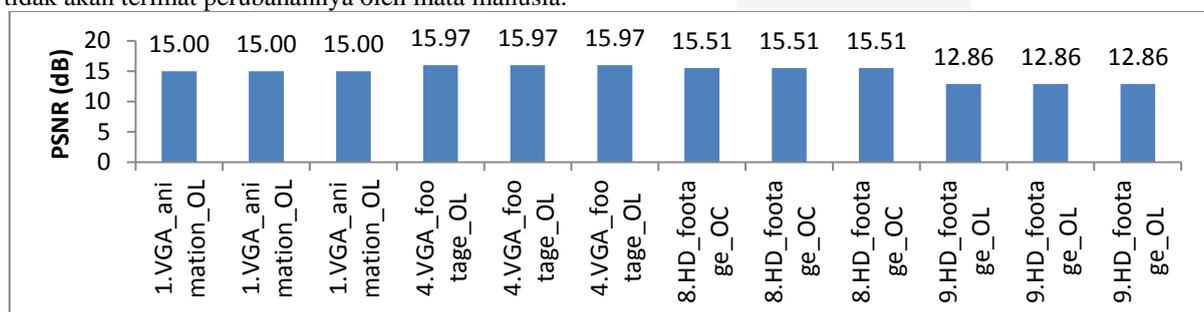
terhingga, nilai DR 100%, dan SSIM adalah 1. BER bernilai 0 menunjukkan bahwa citra *watermark* tidak mengalami *error* dibandingkan dengan citra *watermark* asli. Nilai PSNR tak terhingga menunjukkan bahwa citra hasil ekstraksi sangat mirip dengan citra *watermark* asli dan tidak terdapat *error*. Nilai DR sebesar 100% berarti seluruh frame yang mengalami penyisipan dapat mengekstraksi citra *watermark* dengan baik. Nilai SSIM sebesar 1 menunjukkan kemiripan citra hasil ekstraksi dibandingkan dengan citra *watermark* asli.



Gambar 3. Grafik PSNR pengaruh panjang PN

4.3 Hasil pengujian pengaruh penyisipan *watermark* pada subband yang berbeda

Percobaan ketiga dilakukan dengan mengubah subband sebagai wadah penyisipan citra *watermark* dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada table 4.5. Subband yang digunakan untuk wadah penyisipan *watermark* adalah LH, HL, dan HH. PSNR pada video VGA jenis footage objek lambat dengan wadah penyisipan subband LH memiliki nilai paling tinggi yaitu 15.968011 dB. Hal ini menunjukkan bahwa proses penyisipan pada subband sebagai wadah penyisipan cukup berpengaruh pada perubahan nilai piksel frame video. Subband dengan frekuensi tinggi memiliki tingkat imperceptibilitas yang tinggi, namun akan mengalami pemotongan paling besar ketika proses kuantisasi. Jika digunakan sebagai wadah penyisipan citra *watermark* tidak akan terlihat perubahannya oleh mata manusia.



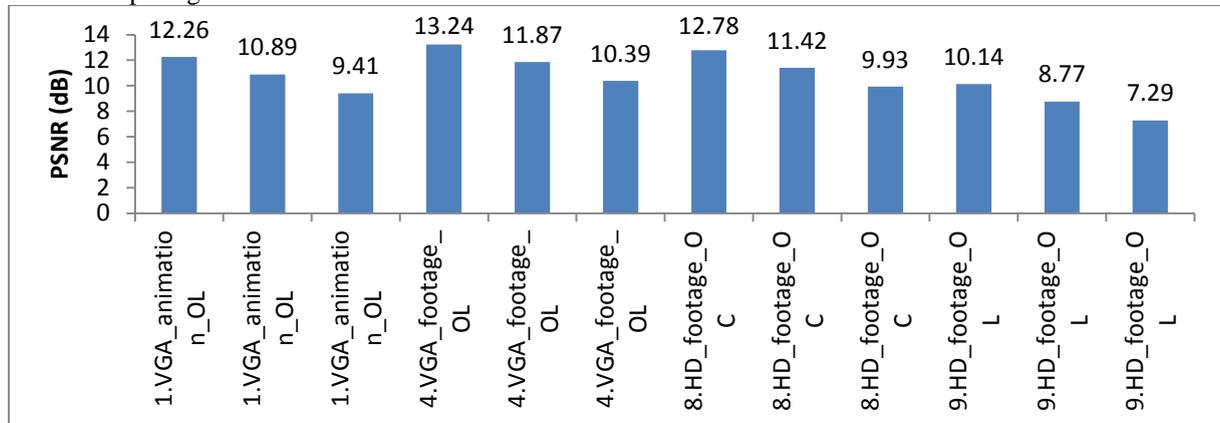
Gambar 4. Grafik PSNR pengaruh Subband sebagai wadah penyisipan

Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai PSNR frame paling tinggi jika *watermark* disisipkan pada subband LH atau HL, hal ini dikarenakan adanya proses kuantisasi pada saat sebelum *watermark* disisipkan sehingga nilai koefisien subband dengan frekuensi tinggi banyak terpotong.

Dengan mengetahui nilai korelasi antara nilai koefisien subband dengan pattern *watermark* yang telah dibangkitkan dengan key 1 dan key2, maka citra *watermark* dapat terdeteksi pada subband manakah *watermark* disisipkan. Jika nilai korelasi antara koefisien subband dengan pattern *watermark* adalah 1 maka *watermark* dapat dideteksi. Karena metode yang digunakan saat pendeteksian *watermark* pada video *watermarked* adalah korelasi koefisien *subband* terhadap *pattern watermark*. Dimana hasil korelasi adalah 1 pada *subband* yang dipilih. Citra *watermark* hasil ekstraksi dapat dikatakan baik berdasarkan pengukuran BER adalah 0, dimana nilai BER menunjukkan tidak ada bit yang rusak setelah proses ekstraksi. Nilai PSNR sebesar 65535 dB menunjukkan tingkat kemiripan yang sangat tinggi antara citra hasil ekstraksi dengan citra *watermark* asli. Nilai DR sebesar 100% menunjukkan bahwa seluruh frame yang mengalami penyisipan dapat mengembalikan citra *watermark* tanpa kerusakan. Namun terdapat kekurangan pada video VGA *footage* Objek Lambat yaitu tidak semua frame mengembalikan *watermark* dengan baik sehingga nilai *detection rate* mendapatkan nilai dibawah 100%.

4.4 Hasil pengujian pengaruh perubahan nilai *quantization parameter* (QP) pada proses kompresi

Pengaruh nilai *quantization parameter* pada proses kompresi yang dilakukan pada video percobaan cukup besar. Kualitas video menjadi lebih gelap dibandingkan video asli. Semakin besar nilai QP yang diberikan maka kualitas dari video semakin menurun. Video semakin tidak jelas dan tidak nyaman untuk dilihat. Hal ini dibuktikan pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik PSNR pengaruh nilai QP terhadap frame video

Namun perubahan nilai QP tidak merubah kualitas citra watermark saat ekstraksi. Citra watermark tetap memiliki nilai BER adalah 0, nilai PSNR tak terhingga dengan *detection rate* 100%, dan nilai SSIM adalah 1.

Nilai BER sebesar 0 berarti tidak adanya kerusakan pada citra *watermark* yang dihasilkan pada proses ekstraksi. Nilai PSNR tak terhingga dan SSIM adalah 1 menunjukkan bahwa citra hasil ekstraksi sangat mirip dengan citra *watermark* asli. Nilai DR sebesar 100% menunjukkan bahwa seluruh frame yang disisipkan citra watermark dapat menghasilkan atau mengekstraksi citra watermark tanpa ada kerusakan. Namun pada video VGA jenis *footage* dengan objek lambat menghasilkan nilai DR sebesar 99.3%, hal ini menunjukkan bahwa frame yang mengalami penyisipan tidak seluruhnya dapat menghasilkan citra *watermark* tanpa *error* pada proses ekstraksi.

5 Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

1. Pengaruh jenis karakteristik video dengan resolusi video yaitu VGA dan HD, video dengan kualitas terbaik dari hasil pengujian ini adalah video VGA jenis *footage* dengan objek lambat dengan nilai PSNR sebesar 15.967 dB dan video HD jenis *footage* objek cepat dengan nilai 15.512 dB. Sedangkan pengaruh jenis video tidak mempengaruhi hasil ekstraksi citra *watermark* yaitu dengan nilai BER adalah 0, PSNR tak terhingga, DR 100%, dan SSIM adalah 1.
2. Pengujian panjang PN sebanyak 128 bit, 256 bit, 512 bit dan 1024 bit pada video VGA dan HD menunjukkan bahwa nilai PSNR terbesar diperoleh jika panjang PN adalah 128 bit. Sedangkan pada citra *watermark* dapat diekstraksi dengan baik dengan nilai BER adalah 0, PSNR tak terhingga, DR 100%, dan SSIM adalah 1.
3. Pada proses penyisipan pada *subband* berbeda yaitu penyisipan pada LH, HL, dan HH, *subband* yang memiliki nilai PSNR paling besar adalah jika watermark disisipkan pada *subband* LH. Hal ini dikarenakan adanya proses kuantisasi yang terjadi sehingga koefisien nilai frekuensi tinggi memiliki nilai PSNR yang lebih kecil.
4. Pemberian nilai *quantization parameter* pada saat proses kuantisasi sangat berpengaruh pada PSNR video. Semakin besar nilai QP maka semakin buruk kualitas video yang dihasilkan. Namun citra *watermark* dapat dikembalikan seperti semula dengan mencari nilai korelasi dari LSB koefisien host dengan kode yang dibangkitkan dengan PRNG.

5.2 Saran

1. Integrasi proses watermarking pada proses kompresi HEVC tidak mempengaruhi kualitas video yang dihasilkan. Namun, terdapat kekurangan pada percobaan ini adalah pada proses kuantisasi dimana menyebabkan video yang dihasilkan kurang sempurna, hasil video menjadi terlalu gelap dibandingkan video RAW. Sehingga diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode kuantisasi yang dapat mengoptimalkan kinerja kompresi HEVC.

Daftar Pustaka :

- [1] S. Garg, "An Efficient Method for Digital Image Watermarking Based on PN Sequences," *Int. J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 9, pp. 1550–1561, 2012.
- [2] V. Singh, "Digital Watermarking : A Tutorial," *Cyber Journals Multidiscip. Journals Sci. Technol. J. Sel. Areas Telecommun.*, no. January, pp. 10–21, 2011.
- [3] M. T. Pourazad, C. Doutre, M. Azimi, and P. Nasiopoulos, "HEVC: The New Gold Standard for Video Compression: How Does HEVC Compare with H.264/AVC?," *IEEE Consum. Electron. Mag.*, vol. 1, no. 3, pp. 36–46, 2012.
- [4] A. R. Hakim, "Universitas Indonesia Analisa Perbandingan Watermarking Image Menggunakan Discrete Wavelet Transform Analisa Perbandingan Watermarking Image Menggunakan Discrete Wavelet Transform," 2012.
- [5] J. Braconnier, "gears_spin01," 2013. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=vtk7Xmbbkec>.
- [6] Blender Foundation, "Big Buck Bunny," 2008. [Online]. Available: <https://test-videos.co.uk/bigbuckbunny/mp4-h264>.
- [7] O. Magni, "170111_049_Tokyo_TrafficandShoppers_1080p," 2017. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=KuV2fCDkcIk>.
- [8] M. Schellenberg, "Horses in Field," 2013. [Online]. Available: <https://www.videvo.net/video/horses-in-field/2870/>.
- [9] .FleabagFrog, "Robot Animation pack," 2017. [Online]. Available: <https://videohive.net/item/robot-animation-pack/>
- [10] Videvo, "Business Woman." [Online]. Available: <https://www.videvo.net/video/smart-business-woman-48/376628/>.
- [11] Videvo, "Subway Vienna 03," 2018. [Online]. Available: <https://www.videvo.net/video/subway-vienna-03/363906/>.
- [12] jell.yfish.us, "jellyfish-25-mbps-hd-hevc." [Online]. Available: <http://www.jell.yfish.us>.