

## ANALISIS DAN SIMULASI REKONSTRUKSI VIDEO BERBASIS METODE SUPER-RESOLUSI

### ANALYSIS AND SIMULATION OF VIDEO RECONSTRUCTION BASED ON SUPER-RESOLUTION METHOD

Kusuma Nindia Rizki<sup>1</sup>, Iwan Iwut, ST., MT.<sup>2</sup>, Suryo Adhi Wibowo, ST., MT.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

<sup>1</sup>nindirizkie@students.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>iwan@btp.or.id, <sup>3</sup>sao@telkomuniversity.co.id

---

#### ABSTRAK

Penggunaan kamera beresolusi rendah marak digunakan untuk keperluan video streaming *surveillance* (pengawasan). Resolusi yang dipakai pada kamera untuk keperluan tersebut berkisar antara 320x240 piksel hingga 640x480 piksel. Namun, pihak penerima membutuhkan detil yang lebih dari video yang diterima, yang berarti resolusi video yang diterima diinginkan lebih tinggi dari resolusi video yang dikirim.

Metode Super-Resolusi adalah metode yang digunakan untuk mengolah citra beresolusi rendah menjadi citra beresolusi tinggi. Metode ini dapat diimplementasikan pada rekonstruksi citra pada video. Berbagai metode diciptakan untuk menerapkan metode Super-Resolusi.

Pada tugas akhir ini, penulis akan menganalisa metode Super-Resolusi berbasis *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dan *Stationary Wavelet Transform (SWT)* pada frame tunggal yang kemudian hasilnya digunakan untuk membuat frame transisi dengan tujuan interpolasi frame. Metode interpolasi *Bicubic* dilibatkan pada metode Super-Resolusi. Performansi yang diukur pada tugas akhir ini adalah PSNR yang dihasilkan antara frame dan video hasil metode Super-Resolusi dengan data asli. Diharapkan dengan hasil yang didapat dari Tugas Akhir ini dapat memberikan gambaran mengenai penerapan metode Super-Resolusi pada sistem real-time.

**Kata Kunci:** rekonstruksi citra, resolusi, super-resolusi, *dwt*

---

#### ABSTRACT

*Widespread use of low-resolution camera used in video streaming surveillance. The resolution of the camera used for this purpose ranging from 320x240 pixels to 640x480 pixels. However, the recipient need more details of the video received, which means that the received desired video resolution higher than the resolution of the video sent.*

*Super-resolution method is the method used to process low-resolution images into high resolution images. This method can be implemented on the video image reconstruction. Various methods were created to implement the super-resolution methods.*

*In this thesis, the author will analyze the Super-resolution method based on Discrete Wavelet Transform (DWT) and Stationary Wavelet Transform (SWT) on single frame and the super-revoled frames will be processed to make intermediate frame in purpose frame interpolation. Bicubic interpolation methods involved in the super-resolution methods. The performance of this method is measured by PSNR which is generated between the frame and the video of the super-resolution method with the original data. MOS is also used in the performance calculation which take the measurement based on human eye perception. The results from this final project can provide an overview of the application of super-resolution method on real-time system.*

**Keyword:** image reconstruction, resolution, super-resolution, *dwt*

---

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan kamera untuk keperluan pengawasan (surveillance) diperlukan untuk mendapatkan rekaman dan untuk mempermudah pengawasan dilakukan dari jarak yang jauh. Namun, kamera yang digunakan untuk pengawasan (surveillance) umumnya beresolusi rendah. Hal ini dimaksudkan agar pengiriman data gambar melalui jaringan dapat berlangsung cepat dengan delay minimum, serta data rekam disimpan dalam storage minimum. Akibat rendahnya kualitas kamera, rendah pula kualitas gambar yang diterima di sisi penerima, yaitu kurangnya detail gambar yang didapatkan dari rekaman. Hal ini dapat menghambat penyelidikan terhadap isi rekaman tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang mampu untuk memperjelas rekaman video resolusi rendah dari kamera tersebut, yaitu dengan cara menjadikan video beresolusi rendah menjadi video beresolusi tinggi, sehingga detail gambar yang tadinya tidak terlihat menjadi lebih jelas.

Metode Super-Resolusi (Super Resolution) adalah metode yang terdiri dari suatu set teknik pemrosesan citra yang mampu mengekstrak citra beresolusi rendah yang kemudian diolah menjadi citra beresolusi tinggi. Metode ini ditawarkan untuk memenuhi kebutuhan rekonstruksi video dengan resolusi rendah untuk kemudian dijadikan video dengan resolusi yang lebih tinggi dari resolusi asalnya.

Penulis berharap agar uraian pada buku tugas akhir ini dapat memberikan gambaran penerapan metode Super-Resolusi pada video.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Metode Super-Resolusi <sup>[1]</sup>

Pemrosesan citra untuk mendapatkan citra beresolusi tinggi. Detil-detil piksel yang "hilang" pada citra beresolusi rendah dapat "dimunculkan kembali" di citra beresolusi tinggi.

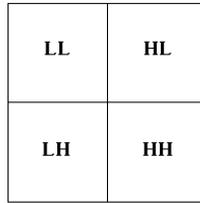
Pada pembahasan resolusi spasial, ada dua variansi pada metode super-resolusi, yaitu dengan frame jamak dan frame tunggal. Pada frame jamak menggunakan pergeseran sub-piksel antara banyak citra beresolusi rendah pada scene yang sama. Ini membuat sebuah citra beresolusi rendah dapat mempunyai detil yang lebih banyak dan membuat citra tersebut menjadi citra beresolusi tinggi. Pada frame tunggal menggunakan satu frame atau citra untuk dijadikan frame atau citra beresolusi tinggi tanpa membutuhkan frame tambahan. Metode-metode tersebut menggunakan bagian lain dari citra beresolusi rendah, atau citra lain yang berhubungan, untuk memperkirakan bagaimana citra beresolusi tinggi yang bisa didapat.

Aspek resolusi temporal pada video dimodelkan dengan meningkatnya frame rate, yaitu dengan menyisipkan frame transisi. Frame transisi disisipkan diantara dua frame yang berurutan. Frame transisi adalah frame yang mengandung citra perkiraan posisi dari objek yang bergerak pada frame pertama menuju posisi objek pada frame kedua. Frame transisi dihasilkan dari perbedaan frame pertama dan frame kedua. Dengan disisipkannya frame transisi pada tiap dua frame, maka frame rate dari video akan meningkat, sehingga detil posisi objek yang bergerak pun lebih jelas. Hal ini berguna apabila video hendak dibuat pada mode slow motion.

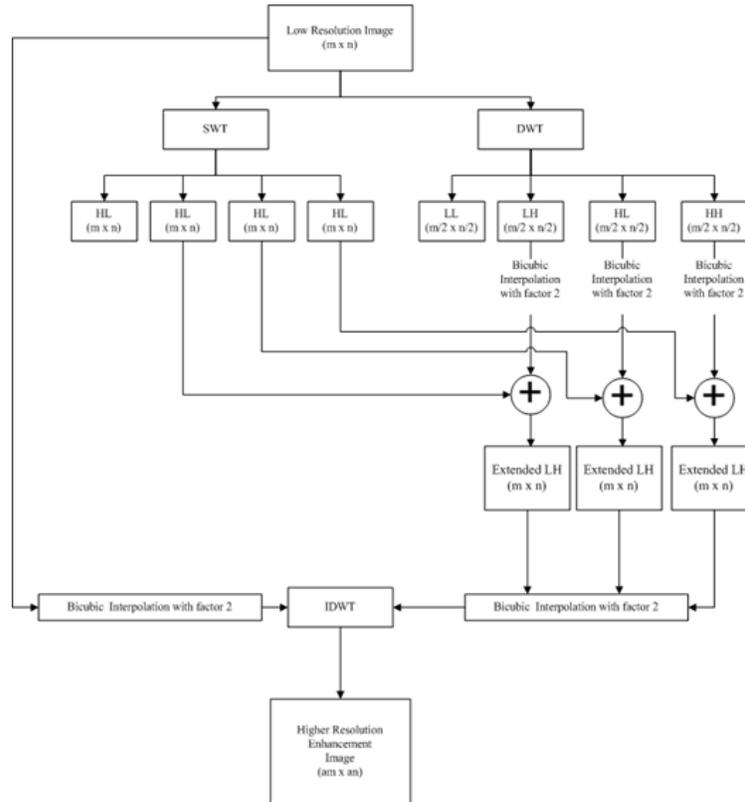
### 2.2 Discrete Wavelet Transform (DWT) <sup>[2][3]</sup>

Wavelet Transform atau Transformasi Wavelet adalah representasi sinyal pada domain waktu-frekuensi. Transformasi wavelet merupakan penguraian sinyal menjadi sebuah set fungsi basis. Basis-basis itu disebut wavelet.

Discrete Wavelet Transform (DWT) mentransformasikan sinyal waktu diskrit menjadi representasi wavelet secara diskrit. Penyaringan yang dilakukan oleh DWT menggunakan filter bank. Filter Bank merupakan konstruksi blok-blok DWT, terdiri dari filter-filter yang memisahkan sinyal menjadi subband-subband frekuensi. Filter Bank terdiri atas dua macam, yaitu Low Pass Filter (LPF) dan HPF (High Pass Filter). Pengaplikasian DWT pada citra 2 dimensi dilakukan dengan mendekompose/mengekstrak citra menjadi 4 kumpulan komponen terbatas yang disebut sub-band, yaitu LL (Low-Low), LH (Low-High), HL (High-Low) dan HH (High- High). Hasil ekstraksi citra DWT memiliki dimensi setengah dari dimensi citra asli.



Gambar 1. Hasil ekstraksi DWT 1-level



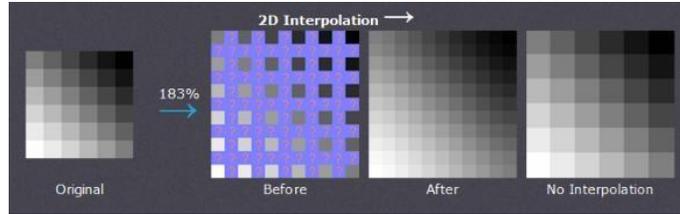
Gambar 2. Diagram Alir Metode Super-Resolusi berbasis DWT dan SWT [2]

**2.3 Stationary Wavelet Transform [2][3]**

Stationary Wavelet Transform (SWT) adalah transformasi wavelet yang mengekstrak citra 2D menjadi 4 sub-band seperti DWT. SWT didesain untuk memunculkan kekurangan DWT pada invarian translasi, maka pada SWT tidak dilakukan downsampling dan upsampling. Hasil Ekstraksi SWT pada citra 2D memiliki dimensi yang sama dengan citra asli.

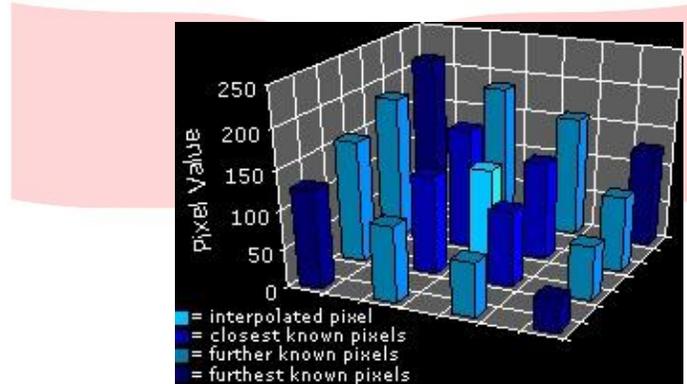
**2.4 Interpolasi Bicubic [5]**

Image Interpolation (Interpolasi Citra) adalah suatu metode untuk menambah atau mengurangi jumlah piksel pada suatu citra digital. Metode ini digunakan untuk merubah (resize) ukuran gambar.



Gambar 3. Ilustrasi Image Interpolation pada citra 2 Dimensi<sup>[5]</sup>

Bicubic Interpolation adalah salah satu metode interpolasi yang menggunakan rata-rata bobot 4x4 piksel (total 16 piksel) di sekeliling piksel yang akan diinterpolasikan untuk mempertajam piksel tersebut.

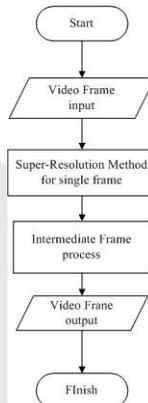


Gambar 4. Ilustrasi Bicubic Interpolation<sup>[5]</sup>

### 3. PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI

#### 3.1 Diagram Blok

Berikut adalah diagram blok perancangan sistem rekonstruksi video:



Gambar 5. Diagram Blok Sistem

#### 3.2 Video Frame input

Pada proses ini, sistem menerima frame yang berjumlah 5 (lima) yang berurutan dan berasal dari suatu video, dengan resolusi (240 x 320) piksel. Masing-masing frame dibaca sebagai citra gambar tunggal. Frame-frame yang masuk dibaca satu per-satu. Setelah satu frame dibaca, maka akan langsung masuk ke proses selanjutnya, yaitu perbesaran resolusi citra spasial dengan metode Super-Resolusi. Setelah proses metode Super-Resolusi selesai, akan dilanjutkan oleh frame berikutnya.

### 3.3 Super-Resolution Method for Single Frame

Metode yang digunakan untuk Super-Resolusi pada masing-masing frame di tugas akhir ini adalah metode Super-Resolusi pada citra (2 dimensi) tunggal. Citra yang digunakan adalah frame masukan dengan resolusi rendah dengan ukuran ( $m \times n$ ). Metode Super-resolusi yang digunakan berdasarkan Transformasi Wavelet, yaitu DWT (Discrete Wavelet Transform) dan SWT (Stationary Wavelet Transform). Wavelet yang digunakan adalah Wavelet Haar dengan level filter satu.

Frame masukan diekstraksi dengan SWT dan DWT. SWT akan mengekstraksi frame masukan menjadi empat sub-band frekuensi, yaitu LL (Low-Low), LH (Low-High), HL (High-Low), dan HH (High-High), dimana masing-masing sub-band frekuensi SWT mempunyai ukuran yang sama dengan frame masukan ( $m \times n$ ). Sedangkan DWT akan mengekstraksi frame masukan menjadi empat sub-band frekuensi yaitu LL (Low-Low), LH (Low-High), HL (High-Low), dan HH (High-High), dimana masing-masing sub-band frekuensi DWT mempunyai ukuran setengah dari frame masukan ( $m/2 \times n/2$ ).

Pada tahap kedua, diaplikasikan metode Interpolasi Bicubic dengan faktor perbesaran 2 pada masing-masing sub-band frekuensi LH, HL, dan HH dari hasil ekstraksi DWT.

Kemudian hasil interpolasi Bicubic dengan masing-masing sub-band frekuensi DWT ditambahkan dengan sub-band frekuensi LH, HL, dan HH pada ekstraksi SWT yang telah dilakukan pada tahap kedua; hasil interpolasi Bicubic sub-band frekuensi LL pada DWT ditambahkan dengan sub-band frekuensi LL dari hasil ekstraksi SWT pada frame masukan, hasil interpolasi Bicubic sub-band frekuensi LH pada DWT ditambahkan dengan sub-band frekuensi LH hasil ekstraksi dari SWT pada frame masukan, hasil interpolasi Bicubic sub-band frekuensi HH pada DWT ditambahkan dengan sub-band frekuensi HH hasil ekstraksi dari SWT pada frame masukan. Penambahan sub-band frekuensi LH, HL, dan HH tersebut akan menghasilkan komponen sub-band frekuensi LH, HL, dan HH yang berukuran ( $m \times n$ ). Hasil dari penambahan sub-band – sub-band tersebut diinterpolasi lagi dengan menggunakan metode interpolasi Bicubic.

Kemudian, dilakukan proses Inverse Discrete Wavelet Transform (IDWT), dengan merekonstruksi ulang semua citra hasil, dengan menggabungkan komponen LH, HL, dan HH dengan frame masukan yang sudah diinterpolasi dengan metode interpolasi Bicubic. Piksel yang hilang pada citra hasil IDWT dimunculkan dengan menggunakan metode inpaint<sup>[4]</sup>.

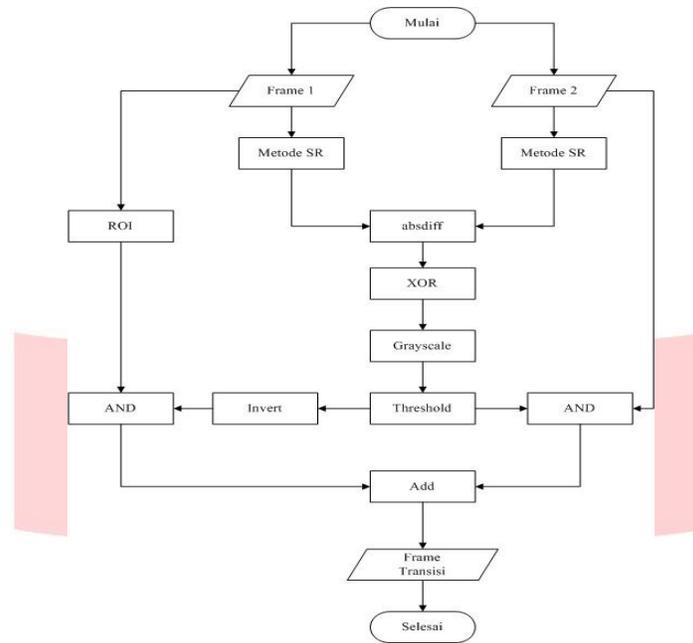
### 3.4 Intermediate Frame Process

Frame transisi disisipkan diantara dua frame yang berurutan. Frame transisi adalah frame yang mengandung citra perkiraan posisi dari objek yang bergerak pada frame pertama menuju posisi objek pada frame kedua. Frame transisi dihasilkan dari perbedaan frame pertama dan frame kedua.

Dibutuhkan dua frame masukan untuk membentuk frame transisi. Frame masukan didapat dari kelima frame masukan yang akan diproses bergantian. Frame transisi yang akan dibentuk adalah frame transisi antara frame 1 dan frame 2, frame transisi antara frame 2 dan frame 3, frame transisi antara frame 3 dan frame 4, dan frame transisi antara frame 4 dan frame 5. Masing – masing frame diproses dengan metode Super-Resolusi dahulu, kemudian antar kedua frame dicari perbedaannya. Hasil perbedaan kedua frame tersebut diaplikasikan dengan operator bit xor dengan frame pertama. Untuk membentuk frame sesuai citra asli, hasil operator bit xor direkonstruksi dengan background frame.

### 3.5 Video Frame Output

Frame masukan dan frame transisi yang berhasil dan selesai diproses oleh metode Super-Resolusi disimpan. Frame kemudian disusun kembali dan disimpan dalam format video.



Gambar 6. Gambar Diagram Alir Proses Frame Transisi

**4. PENGUJIAN DAN ANALISIS**

**4.1 Pengujian metode Super-Resolusi pada frame tunggal.**

Pengujian metode Super-Resolusi pada frame tunggal dilakukan dengan mengambil sampel berupa 3 citra rgb dan 3 citra grayscale, dimana masing-masing citra dikompresi hingga berukuran 25% dari citra asli. Citra hasil kompresi tersebut kemudian diimplementasikan dengan metode SR, yang kemudian dibandingkan dengan citra asli sebelum kompresi untuk mendapatkan nilai PSNR. Selain PSNR, pengujian citra juga dilakukan dengan dilakukan Mean Opinion Score (MOS) dengan 30 responden. Berikut kriteria skor MOS:

Tabel 1. Tabel Keterangan MOS untuk frame tunggal

No	Keterangan
1	Citra tidak dapat dikenali sama sekali.
2	Citra dikenali, citra blur, namun tidak mirip seperti citra asli.
3	Citra dikenali, citra blur, garis tepi tidak terlihat.
4	Citra dikenali, citra blur, namun garis tepi masih terlihat.
5	Citra dapat dikenali dengan baik dan sama persis citra asli.

Berikut adalah hasil rata-rata pengujian :

Tabel 2. Hasil Pengujian pada Frame Tunggal

Jenis Citra	Nilai Rata-rata PSNR (dB)	Skor rata-rata MOS	Waktu proses (s)
RGB	32.68	4	17.6
Grayscale	32.84	3	42.29

Dapat disimpulkan bahwa citra hasil Super-Resolusi DWT dapat menghasilkan citra dengan resolusi yang sama dengan citra asli, namun tidak dapat menghasilkan citra dengan variasi warna yang sama persis dengan citra asli. Besar kemungkinan hal ini disebabkan oleh kompresi yang dilakukan pada citra asli karena kompresi menghilangkan sejumlah piksel pada citra, yang berarti menghilangkan sejumlah nilai warna, dan menyisakan nilai warna dominan pada suatu gradasi warna tertentu. Metode Super-Resolusi berbasis DWT ini tidak menghasilkan

piksel-piksel dengan nilai yang sama seperti citra aslinya, melainkan nilai yang berdekatan dengan nilai yang ada pada citra kompresi.

Selain ukuran resolusi gambar, detil yang bisa dihasilkan oleh metode Super-Resolusi berbasisi DWT sangat bergantung pada variasi warna nilai piksel dan nilai warna yang dominan yang disimpan tiap piksel pada data uji. Hal ini membuat citra hasil metode Super-Resolusi tidak bisa menghasilkan detil dan ketajaman citra seperti citra asli.

Citra hasil metode Super-Resolusi pada grayscale lebih bagus dari citra hasil metode Super-Resolusi pada citra RGB, ini dikarenakan grayscale mempunyai nilai piksel yang lebih pendek dari citra RGB, sehingga nilai piksel tetangga yang dihasilkan cenderung dekat dengan piksel pada citra asli.

**3.2 Pengujian pada Sampel Video Frame**

Pengujian sampel video dilakukan dengan mengambil 5 frame video yang berasal dari video beresolusi tinggi. Kelima frame tersebut dikompres resolusinya hingga menjadi 25% ukuran. Metode Super-Resolusi kemudian diaplikasikan ke frame-frame tersebut, untuk kemudian dicari perbedaannya dan dibentuk frame transisi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan frame hasil implementasi metode Super-Resolusi dengan frame transisi secara bergantian dan berurutan hingga frame ke-5, kemudian dihitung rata-rata PSNR yang didapatkan. Hasil PSNR rata-rata tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil PSNR rata-rata kelima frame asli. Sementara, untuk Mean Opinion Score (MOS), hasil video implementasi Super-Resolusi dengan video asli dibandingkan oleh 30 responden untuk diberi skor. Berikut parameter penilaian MOS:

Tabel 3. Tabel keterangan MOS untuk intermediate frame

No	Keterangan
1	Gerakan pada video tidak berurutan.
2	Gerakan pada Video berjalan dengan buruk dan tidak jelas.
3	Gerakan pada video tidak stabil dan 'diam' terlalu lama.
4	Gerakan pada objek patah-patah namun aliran pergerakan masih terlihat baik.
5	Video berjalan dengan halus dengan motion yang teratur seperti video asli.

Berikut hasil rata-rata pengujian:

Tabel 4. Hasil Pengujian pada Sampel Frame Video

Sampel frame video	PSNR rata-rata (dB)
Metode SR	33.42
Asli	30.75

Dapat dilihat bahwa PSNR video berbasis metode Super-Resolusi lebih besar dibandingkan video asli. Hal ini menunjukkan bahwa metode Super-Resolusi dapat dilakukan pada video, meski terdapat noise dan artefak pada frame transisi. Noise dan artefak ini perlu dihilangkan dan diperlukan proses tambahan untuk menghilangkan noise dan artefak ini. Noise dan artefak ini cukup mengganggu penglihatan dan pengamatan pada video. Namun, hasil video menunjukkan aliran gerakan objek masih terlihat baik, meski pergerakannya terlihat ‘patah-patah’. Kesan patah-patah yang terlihat pada video dikarenakan adanya artefak dan noise pada frame transisi, serta karena posisi objek yang bergerak pada frame transisi cenderung sama dengan frame berikutnya.

**5. KESIMPULAN dan SARAN**

Kesimpulan dari pengujian metode Super-Resolusi:

1. Waktu rata-rata untuk proses metode Super-Resolusi pada frame tunggal adalah 17 detik untuk citra RGB dan 42 detik untuk citra grayscale. Hal ini tidak memungkinkan metode Super-Resolusi berdasarkan frame tunggal untuk diimplementasikan pada video secara real-time.
2. Berdasarkan hasil uji dengan PSNR pada citra frame tunggal pada domain resolusi spasial, rata-rata citra RGB memiliki 32,67 dB dan pada citra grayscale memiliki rata-rata 32,84 dB. Kedua besaran tersebut merupakan hasil yang baik untuk pengolahan citra dengan perbandingan dengan citra asli.

3. Hasil MOS pada citra RGB dan grayscale rata-rata memiliki score 3 hingga 4 yang menunjukkan bahwa citra dapat dikenali dengan baik sesuai dengan citra aslinya, namun garis tepi pada beberapa citra dapat dikenali dan pada beberapa citra yang lain terlihat kabur atau blur sehingga menunjukkan bahwa detil dari citra tidak dapat terlihat baik, sementara score MOS pada video bernilai 3,6 yang menunjukkan bahwa video terlihat patah-patah karena hasil frame transisi yang cenderung mirip dengan frame selanjutnya.
4. Detil citra yang dikompres tidak semuanya bisa dikembalikan atau dimunculkan kembali dengan metode Super-Resolusi. Hal ini menunjukkan jika suatu citra atau frame beresolusi rendah tidak dapat dijadikan citra beresolusi tinggi dengan sempurna atau setara dengan citra resolusi rendah.
5. Detil yang tersisa pada citra kompresi sangat bergantung dengan resolusi dan variasi warna dari citra asli. Semakin besar resolusi citra dan variasi warnanya, semakin banyak citra menyimpan informasi citra.
6. Waktu rata-rata untuk proses metode Super-Resolusi pada frame tunggal adalah 17 detik untuk citra RGB dan 42 detik untuk citra grayscale. Hal ini tidak memungkinkan metode Super-Resolusi berdasarkan frame tunggal untuk diimplementasikan pada video secara real-time.

Adapun saran dari pengujian pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Metode Super-Resolusi yang diurai pada tugas akhir ini tidak cukup untuk meningkatkan resolusi citra. Perlu dilakukan proses penajaman citra tambahan setelah proses SR dilakukan.
2. *Code* untuk proses metode Super-Resolusi perlu dibuat ulang dengan bahasa lain yang memiliki waktu komputasi lebih cepat dari yang dibuat penulis, dengan cara *coding* yang lebih efisien.
3. Karena waktu komputasi yang cenderung lama, pengimplementasian yang nyata untuk metode Super-Resolusi sebaiknya langsung pada prosesor yang digunakan, misalnya pada GPU agar proses dapat berjalan lebih cepat.
4. Perlu pengkajian ulang untuk optimasi penggabungan resolusi spasial dengan resolusi temporal yang efisien dan efektif.
5. Diperlukan *code* tambahan untuk *post-processing* setelah proses pembentukan frame transisi karena adanya artefak-artefak dan noise yang terbentuk pada frame transisi.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chukwu, Michael. (2009). *Video Super Resolution*. Electronic Theses and Dissertations, pp.118
- [2] Naik, Sapan., Patel, Nikunj. (2013). *Single Image Super Resolution In Spatial and Wavelet Domain*. The International Journal of Multimedia & Its Applications (IJMA) Vol.5, No.4, August 2013
- [3] Sara Izadpanahi, Cagri Ozcinar, Gholamreza Anbarjafari and Hasan Demirel (2013). *DWT Based Resolution Enhancement of Video Sequences, Discrete Wavelet Transforms - A Compendium of New Approaches and Recent Applications*, Prof. Dr. Awad Al-Asmari (Ed.), ISBN: 978-953-51-0940-2, InTech, DOI: 10.5772/48827. Available from: <http://www.intechopen.com/books/discrete-wavelet-transforms-a-compendium-of-new-approaches-and-recent-applications/dwt-based-resolution-enhancement-of-video-sequences>
- [4] Telea, Alexandru. *An Image Inpainting Technique Based on the Fast Marching Method*. Eindhoven University of Technology, Vol.9, No.1 : 25 - 36
- [5] <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/image-interpolation.htm> terakhir diakses 20 Januari 2015