

Penerapan Wavelet Daubechies pada Teknik Estimasi Gerak Bilateral

A A Md Ag Istri Iswari¹, I Made Oka Widyantara², Rukmi Sari Hartati³

[Submission: 16-03-2022, Accepted: 10-05-2022]

Abstract— DVC has the characteristics of lighter encoder performance by transferring the efficiency of the field of motion to the decoder. The characteristics of DVC are similar to FRUC which is a technique to improve the quality of video display from the decoder side by inserting interpolated frames. In this study, multi-resolution bilateral motion estimation based on pyramid wavelets is proposed by comparing the order of wavelets contained in the daubechies wavelet. The parameters compared in this study are PSNR and the computing time of the proposed method to improve the quality of the video reconstruction from the decoder side. This study shows that the use of the daubechies wavelet order in the proposed method can obtain sufficient category of PSNR values of db6 with a value of 27.37 dB for video images with moving background characteristics and moving objects, good categories of db7 and db10 with a value of 34.8 dB and 32.06 dB. And the computational time generated from each order of daubechies wavelet does not experience a significant difference so that the selection of wavelet order on the daubechies wavelet can be adjusted to the characteristics of the video image to be used.

Intisari— DVC memiliki karakteristik kinerja encoder lebih ringan dengan memindahkan efisiensi medan gerak ke decoder, DVC dan FRUC memiliki karakteristik yang sama yaitu membebaskan proses pada decoder. FRUC merupakan teknik meningkatkan kualitas tampilan video dari sisi decoder dengan menyisipkan frame interpolasi. Dalam penelitian ini diusulkan multi resolusi bilateral motion estimation berbasis piramida wavelet yaitu dengan membandingkan orde wavelet yang terdapat pada wavelet daubechies yang merupakan bagian dari DWT. Parameter yang dibandingkan dalam penelitian ini yaitu PSNR dan waktu komputasi dari metode yang diusulkan guna untuk meningkatkan kualitas video rekonstruksi dari sisi decoder. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan orde wavelet daubechies dalam metode yang diusulkan memperoleh nilai PSNR terdiri dari kategori cukup yaitu db6 dengan nilai 27.37 dB untuk citra video dengan karakteristik background bergerak dan objek bergerak, kategori baik yaitu db7 dan db10 dengan nilai 34.80 dB dan 32.06 dB. Serta waktu komputasi yang dihasilkan dari setiap orde wavelet daubechies tidak mengalami perbedaan yang signifikan sehingga pemilihan orde wavelet pada wavelet daubechies dapat disesuaikan dengan karakteristik dari citra video yang akan digunakan.

Kata Kunci—Frame Rate Up Conversion, Bilateral Motion Estimation, Wavelet Piramida Wavelet Daubechies.

¹Mahasiswa, Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Jl. PB Sudirman Denpasar-Bali 80232 (telp: 0361-555225; fax: 0361-4321982; e-mail: gungistri.iswari@gmail.com)

^{2,3}Dosen, Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Jl. PB Sudirman Denpasar-Bali 80232 (telp: 0361-703315; fax: 0361-4321; e-mail: oka.widyantara@unud.ac.id, rukmisari@unud.ac.id)

Distributed Video Coding (DVC) melakukan eksplorasi statistik sumber dari urutan video di sisi decoder dari pada encoder sehingga kinerja encoder menjadi lebih ringan. DVC berguna untuk aplikasi seperti video surveillance, sensor video, kamera video nirkabel, jaringan nirkabel pengawasan daya rendah dan kamera video sekali pakai untuk aplikasi medis dan lain sebagainya[1]. Dalam skema DVC, encoder mengirimkan informasi frame video yang terbatas dan membangkitkan frame sisipan pada sisi decoder, skema tersebut cocok digunakan untuk layanan video dengan internet sebagai media transmisi, yang diketahui bahwa internet merupakan media transmisi yang terbatas. Terbatasnya informasi yang dikirimkan menyebabkan menurunnya kualitas video yang dihasilkan pada sisi decoder, untuk itu perlu peningkatan kualitas tampilan video dari sisi decoder. Peningkatan kualitas tampilan video dilakukan dengan cara menyisipkan frame interpolasi ke dalam urutan frame asli video, sehingga dapat meningkatkan jumlah frame dari sisi decoder sesuai dengan jumlah frame asli video. Teknik meningkatkan kualitas tampilan video dari sisi decoder dengan menyisipkan frame interpolasi disebut dengan Frame Rate Up Conversion (FRUC)[2].

FRUC menggunakan metode pencarian gerak dua arah dan menggunakan dua frame asli video yaitu frame sebelum dan frame sesudahnya untuk membangkitkan frame baru, teknik tersebut disebut dengan Motion Compensated Frame Rate Up Conversion (MC-FRUC). Kinerja MC-FRUC tergantung pada Motion Compensated Interpolation (MCI) dan terutama pada Motion Estimation (ME) [3]. Proses ME terdiri dari dua kategori yaitu Unidirectional Motion Estimation (UME) dan Bilateral Motion Estimation (BME). Metode pencarian gerak searah atau UME, memprediksi gerakan secara searah dari sudut pandang frame asli, sehingga terdapat area yang tumpang tindih dan hole dengan bentuk dan ukuran yang tidak beraturan, dalam frame interpolasi, sebagian besar metode UME cukup rumit karena diperlukan pemrosesan kembali[4]. BME memprediksi gerakan secara dua arah dalam sudut pandang frame interpolasi, sehingga tidak ada hole dan area yang tumpang tindih, sehingga BME memiliki prediksi gerakan yang lebih baik dari UME [5][6]. Namun dalam BME akan menemukan banyak Motion Vector (MV) yang tidak akurat karena MV antara objek dari frame sebelum dan frame sesudahnya lebih cenderung tidak memiliki simetri temporal sehubungan dengan blok target dari frame interpolasi. Untuk meningkatkan akurasi Motion Vector Field (MVF) pada BME konvensional yang memiliki kompleksitas komputasi tinggi maka beberapa penelitian tentang metode BME telah dilakukan sebelumnya tentang teknik untuk meningkatkan akurasi MVF dengan kompleksitas komputasi yang rendah menggunakan teknik multi resolusi



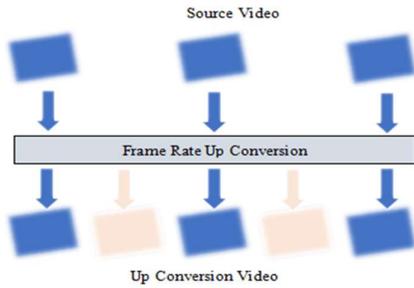
BME dengan *mother wavelet daubichies* (db4), sehingga penelitian tentang *multi resolusi* BME dengan evaluasi dari setiap orde dalam *wavelet daubechies* belum pernah dilakukan dengan harapan dapat membandingkan setiap orde dalam *wavelet daubechies* yang menghasilkan kualitas *frame* interpolasi terbaik sehingga kualitas *video* yang ditampilkan dari sisi penerima sama dengan kualitas *video* asli.

dua kategori yaitu *Unidirectional Motion Estimation* (UME) dan *Bilateral Motion Estimation* (BME). Metode pencarian gerak searah atau UME, memprediksi gerakan secara searah dari sudut pandang *frame* asli, sedangkan BME memprediksi gerakan secara dua arah dalam sudut pandang *frame interpolasi* yaitu *frame* saat ini dan *frame* referensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

II. TINJAUAN PUSTAKA

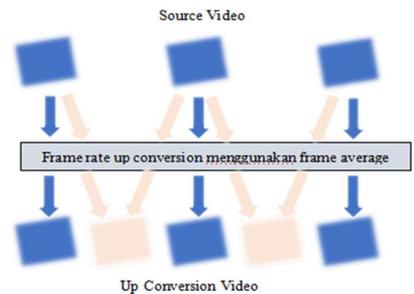
A. Frame Rate Up Conversion (FRUC)

FRUC adalah teknik untuk meningkatkan *frame rate video* dengan memasukkan *frame* yang baru dibuat ke dalam urutan *frame* asli seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Kinerja algoritma FRUC sangat tergantung pada keakuratan informasi gerakan yang diperkirakan [7].



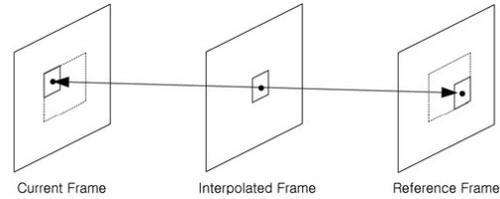
Gambar 1. Frame Rate Up Conversion

Frame rate up-conversion diilustrasikan sebagai kotak biru. *Input* adalah *source video* dan *output* adalah *up-conversion video*. *Up-conversion* didapat dengan cara meningkatkan *frame rate* yaitu dengan menginterpolasi semua nilai piksel untuk *frame* baru dari dua *frame* yang berdekatan seperti pada Gambar 2. Setiap *frame* baru dirata-rata oleh dua *frame* yang berdekatan[8].



Gambar 2. Frame Rate Up Conversion Menggunakan Rata-Rata Frame

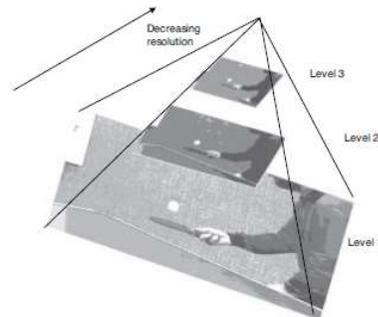
FRUC umumnya diterapkan dalam format konversi, dan juga digunakan untuk mengurangi *motion blur video* dalam *hold-type displays*. *Motion-compensated (MC-FRUC)* terdiri dari dua langkah utama yaitu *motion estimation (ME)* dan *motion-compensated frame interpolation (MCFI)* terutama pada ME [3][7][9]. ME adalah proses menemukan gerak dari setiap objek menggunakan *frame* asli dan menghasilkan *motion vector (MV)*, tergantung pada arah di mana gerakan diprediksi[10][11]. Anggapan mendasar di balik *motion estimation* adalah bahwa pola yang sesuai dengan objek dan latar belakang *frame* pada urutan *video* bergerak dalam *frame* untuk membentuk objek yang sesuai pada *frame* berikutnya [12]. Proses ME terdiri dari



Gambar 3. Bilateral Motion Estimation (BME)

B. Struktur Piramida

Struktur piramida atau representasi multiresolusi terdiri dari gambar-gambar yang berdekatan secara temporer didekomposisi menjadi beberapa *level*, dengan setiap *level* yang lebih tinggi memiliki resolusi yang lebih rendah. Setiap level tersusun dalam bentuk piramida. Dasar piramida merupakan gambar asli yang memiliki resolusi tinggi dan puncak piramida merupakan gambar yang mengalami pemrosesan dengan resolusi rendah[13]. Gambar 4 berikut menunjukkan piramida tiga tingkat 40 *frame* dari urutan Tenis Meja. *Level 1* adalah gambar asli. Gambar *level-2* diperoleh dengan *lowpass filtering* pertama pada gambar asli menggunakan 2D *Gaussian lowpass filter* dan kemudian *subsampling* gambar yang difilter dengan faktor 2 di kedua dimensi spasial. Dengan demikian, ukuran gambar *level-2* adalah 14 dari gambar asli atau *level-1*. Demikian pula, gambar *level* ketiga diperoleh dengan *lowpass filtering* gambar *level-2* oleh *Gaussian lowpass filter* yang sama dan kemudian *subsampling* gambar yang difilter dengan faktor 2 baik dalam dimensi horizontal dan vertikal.



Gambar 4. Struktur Piramida 3 Level

C. Discrete Wavelet Transform (DWT)

DWT adalah metode analisis berbasis domain waktu dengan *fixed window size*. Proses dekomposisi dalam *DWT* yaitu dengan cara penurunan setiap level dekomposisi dan semakin tinggi tingkat dekomposisi maka pengenalan jaringan semakin menurun[14][15]. *DWT* untuk pemrosesan gambar menguraikan gambar menjadi empat pita frekuensi seperti LL, LH, HL dan HH. Di antara pita frekuensi, pita frekuensi LL tergolong distrik frekuensi rendah dan tiga pita lainnya tergolong distrik frekuensi tinggi. Penerapan transformasi *DWT*

untuk informasi komponen frekuensi rendah menghasilkan informasi distrik frekuensi *sub-level*[16].

LL3	HL3	HL2	HL1
LH3	HH3		
LH2		HH 2	
LH1			HH1

Gambar 5. Dekomposisi Image menggunakan DWT

DWT yang diturunkan dari *mother wavelet*. *Mother wavelet* merupakan fungsi dasar yang digunakan dalam transformasi *wavelet* karena *mother wavelet* menghasilkan semua fungsi *wavelet* dalam transformasi melalui translasi dan penskalaan sehingga menentukan karakteristik dari transformasi *wavelet* yang dihasilkan. Salah satu *mother wavelet* pada DWT yaitu *wavelet daubechies*. Dalam proses transformasi *wavelet* diskrit menerapkan pola multi skala menggunakan algoritma piramida untuk menghitung nilai koefisien transformasi *wavelet diskrit per level* resolusi[17].

1) *Wavelet Daubechies*

Permasalahan utama dalam pengembangan *wavelet* selama tahun 1980-an adalah pencarian fungsi penskalaan yang didukung secara kompak, ortogonal, dan kontinu. Fungsi penskalaan ini pertama kali dibangun oleh *Ingrid Daubechies*, konstruksi ini sama dengan menemukan *low pass filter* h, atau setara, deret *Fourier*. Hasil dari *high pass filter* disebut detail atau *noise*, sedangkan hasil dari *low pass filter* disebut aproksimasi[18]. *Ingrid Daubechies* menemukan orthonormal *wavelets* yang didukung secara kompak sehingga membuat analisis *wavelet* diskrit menjadi praktis. *Wavelet daubechies* adalah sekelompok *wavelet* yang dipisahkan dari jumlah derajat polinomial yang membentuk *wavelet*, jumlah momen yang hilang, atau panjang koefisien filter yang digunakan. Jumlah derajat polinomial, jumlah momen yang hilang, dan panjang koefisien filter memiliki nilai yang berhubungan satu sama lain. Jumlah derajat polinomial dan jumlah momen yang hilang memiliki nilai yang sama, sedangkan panjang koefisien filter adalah dua kali nilai tersebut[19]. Sinyal transformasi *wavelet Daubechies* didefinisikan oleh penskalaan dan fungsi *wavelet* yang masing-masing dinyatakan dalam koefisien β . Transformasi *wavelet Daubechies* didefinisikan dengan cara yang sama seperti *wavelet Haar* dengan menghitung rata-rata berjalan dan perbedaan melalui produk skalar dengan sinyal skala dan *wavelet*[20]. *Daubechies* ditulis db N, di mana N adalah orde, dan db adalah 'nama keluarga' dari *wavelet*. *Wavelet db1*, sama dengan *wavelet Haar*[21]. Karakteristik umum dari filter *wavelet daubechies* adalah secara lengkap didukung oleh *wavelet* dengan fasa ekstremal dan memiliki jumlah *vanishing moment* paling tinggi N untuk lebar pendukung yang diberikan 2N-1 dengan panjang filter 2N. *Vanishing moment* menunjukkan kemampuan *wavelet* dalam merepresentasikan sifat polinomial. Filter skala yang dihubungkan adalah filter fasa minimum[22].

A.A. Made Agung Istri Iswari: Penerapan Wavelet Daubechies pada ...

Tabel berikut memuat informasi tentang filter *wavelet daubechies*.

Tabel 1. Karakteristik Wavelet Daubechies

Wavelet Family	Daubechies
Nama Singkat	db
Orde N	N bilangan bulat positif
Contoh	db1 atau <i>haar</i> , db4, db15
Orthogonal	Ya
Biorthogonal	Ya
DWT	Memungkinkan
CWT	Memungkinkan
Lebar Pendukung	2N-1
Panjang Filter	2N
Jumlah <i>vanishing moment</i> pada psi	N

D. *Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)*

Banyak penelitian yang terkait dengan pemrosesan gambar dan sinyal menggunakan PSNR sebagai alat pengukur kualitas. PSNR dihasilkan dari perhitungan logaritma *mean square error* (MSE) suatu citra. Dimana MSE secara tradisional menggunakan metode penjumlahan sebagai komponen utamanya[23]. Satuan dari PSNR yaitu *decibel* (dB) karena rentangan nilai yang dimiliki sinyal cukup luas dengan kisaran antara 20-40[24][25].

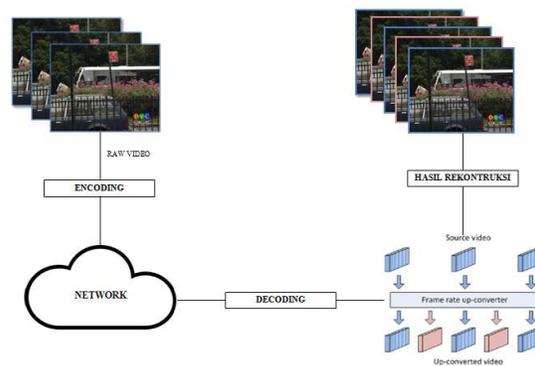
$$MSE = \frac{\sum [f(i,j) - F(i,j)]^2}{N^2} \dots\dots\dots(1)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{MSE} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana $f(i,j)$ merupakan *frame* asli $F(i,j)$ merupakan *frame* hasil rekonstruksi sedangkan N^2 merupakan hasil perkalian panjang dan lebar *frame* dalam piksel dan 255 merupakan batas atas dari sebuah piksel[24].

III. METODE PENELITIAN

A. *Gambaran Umum Penelitian*



Gambar 6. Gambaran Umum Penelitian

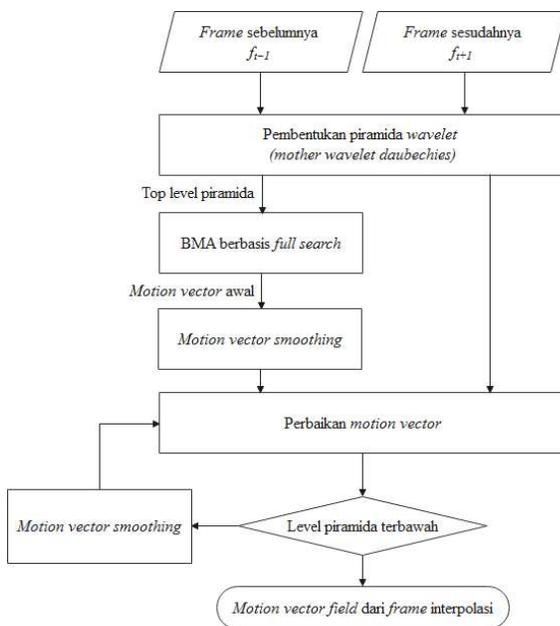
Gambar 6 menunjukkan gambaran umum penelitian yang diawali dengan *raw video* yang di *encoding* dari sisi sumber yang merupakan *video* asli dari *video* uji dengan informasi



frame video yang terbatas ditransmisikan melalui jaringan dibangkitkan menggunakan frame sisipan atau yang disebut dengan frame interpolasi menggunakan skema dari Frame Rate Up Conversion (FRUC) pada sisi decoding sehingga menjadi suatu kesatuan dari hasil rekonstruksi dengan mempertahankan kualitas video yang ditampilkan.

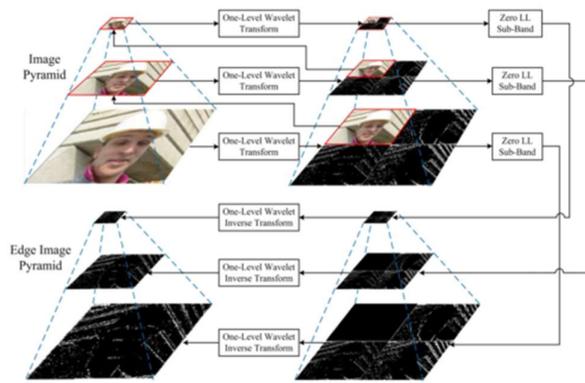
B. Alur Bilateral Motion Estimation

Kinerja FRUC tergantung pada MCI dan terutama pada ME, dalam penelitian ini menggunakan ME dengan kategori BME berbasis wavelet piramida dengan mother wavelet daubechies seperti pada Gambar 7. Alur penerapan wavelet daubechies dalam piramida wavelet untuk meningkatkan motion vector field (MVF) dalam skema bilateral motion estimation. Piramida wavelet pertama kali dibangun dengan masing-masing frame sebelumnya f_{t-1} dan frame sesudahnya f_{t+1} . Setiap tingkat piramida wavelet terdiri dari dua bagian: sub-sampled image dan edge image, sehingga istilah edge-dependen dapat dimasukkan dalam kriteria block matching untuk meningkatkan akurasi ME. Setelah konstruksi piramida wavelet, BMA berbasis full search diterapkan pada top-level images yaitu gambar dengan resolusi terendah untuk mendapatkan MVF awal dari kerangka yang diinterpolasi. Motion vector smoothing dan motion vector refinement masing-masing dilakukan level demi level untuk meningkatkan keandalan MV.



Gambar 7. Flowchart Penerapan Wavelet Daubechies Pada BME

C. Kontruksi Wavelet Piramida



Gambar 8. Kontruksi Wavelet Piramida

Inputan frame video asli didekomposisi menjadi empat komponen dengan resolusi lebih rendah yang masing-masing disebut sub-band LL, sub-band LH, sub-band HH dan sub-band HL dalam arah searah jarum jam. Sub-band LL berisi komponen frekuensi rendah dari gambar tingkat bawah, dan diekstraksi dari koefisien wavelet untuk menghasilkan gambar sub-sampel di tingkat berikutnya. Arah horisontal, vertikal, dan diagonal dari gambar tingkat bawah jelas disajikan dalam sub-band LH, HL dan HH, oleh karena itu dapat digabungkan menjadi satu gambar tepi hanya dengan memusatkan sub-band LL dalam koefisien wavelet dan kemudian melakukan transformasi wavelet terbalik. Wavelet piramida dibangun dengan mengulangi prosedur di atas dari satu tingkat ke tingkat lain, dan memiliki dua bagian: gambar piramida dan piramida gambar tepi yang sesuai.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi terhadap multi resolusi bilateral motion estimation berbasis piramida wavelet menggunakan Discrete Wavelet Transform yaitu mother wavelet daubechies untuk kontruksi piramida wavelet dengan menguji beberapa orde dalam wavelet daubechies yang terdiri dari db1–db10 dan ukuran blok gambar tingkat bawah diatur ke 16×16 . Dalam menjalani scenario uji, video uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Foreman, Carphone, dan Bus dimana masing-masing video uji tersebut memiliki format CIF 30fps.

Untuk mengevaluasi kualitas frame yang diinterpolasi dari sudut pandang subjektif dan objektif, yang pertama 50 frame genap dari setiap urutan tersebut dihapus, dan kemudian direkonstruksi berdasarkan frame ganjil menggunakan algoritma MC-FRUC. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) dan digunakan untuk menilai kualitas frame interpolasi dan kompleksitas komputasi untuk menghitung waktu yang diperlukan dalam menjalankan algoritma tersebut.

Tabel 2. PSNR Trace Wavelet Daubechies

Video Uji	PSNR (dB)
-----------	-----------

	db1	db2	db3	db4	db5	db6	db7	db8	db9	db10
Foreman	34,78	34,79	34,78	34,79	34,79	34,79	34,80	34,79	34,78	34,79
Carphone	32,05	32,05	32,05	32,05	32,05	32,05	32,05	32,05	32,05	32,06
Bus	27,34	27,36	27,35	27,35	27,35	27,37	27,36	27,32	27,31	27,36

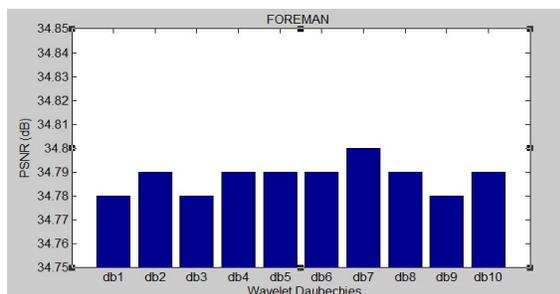
Tabel 3. Waktu Komputasi pada Wavelet Daubechies

Video Uji	TIME (detik)									
	db1	db2	db3	db4	db5	db6	db7	db8	db9	db10
Foreman	1,91	1,81	1,81	1,83	1,88	1,90	1,81	1,89	1,85	1,85
Carphone	1,59	1,59	1,60	1,62	1,64	1,63	1,62	1,62	1,64	1,59
Bus	1,59	1,60	1,61	1,63	1,64	1,65	1,60	1,66	1,67	1,67

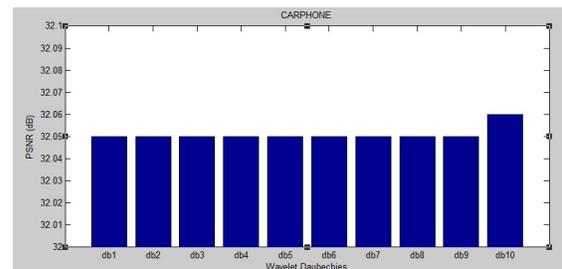
Tabel 2 merupakan PSNR *trace* untuk *wavelet daubechies* dimana dalam table tersebut menunjukkan bahwa db6, db7 dan db10 menghasilkan nilai terbaik yaitu 27,37 dB untuk *video uji Bus* masuk dalam kategori cukup, 34,80 dB untuk *video uji Foreman* masuk dalam kategori baik dan 32,06 dB untuk *video uji Carphone* masuk dalam kategori baik. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai PSNR yang dihasilkan untuk setiap orde *wavelet* tidak mengalami perbedaan yang signifikan. Perbedaan nilai PSNR yang dihasilkan dipengaruhi oleh nilai MSE, semakin kecil nilai MSE yang dihasilkan maka semakin besar nilai PSNR yang dihasilkan begitu juga sebaliknya, serta semakin besar nilai PSNR yang dihasilkan maka semakin bagus kualitas *frame* interpolasi yang dihasilkan.

Tabel 3 merupakan waktu komputasi untuk teknik estimasi gerak bilateral berbasis *wavelet* piramida menggunakan *mother wavelet daubechies*. *Video uji Foreman* menghasilkan waktu komputasi paling kecil yaitu 1,81 detik pada db2, db3 dan db7. *Video uji Carphone* menghasilkan waktu komputasi paling kecil yaitu 1,59 detik pada db1, db2 dan db10. *Video uji Bus* menghasilkan waktu komputasi paling kecil yaitu 1.59 detik pada db1. Waktu komputasi berhubungan dengan kinerja dari algoritma yang diusulkan. Semakin kecil waktu komputasi yang dihasilkan semakin ringan dan cepat kinerja algoritma yang diusulkan.

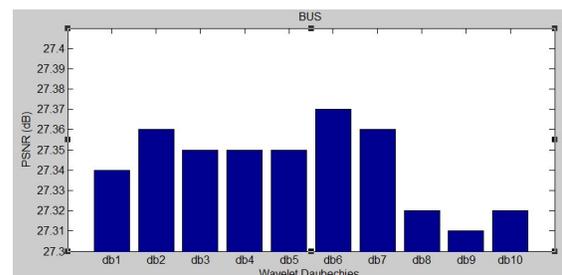
Berikut ini merupakan grafik dari masing-masing *video uji* untuk *tracing PSNR* yang dihasilkan.



Gambar 9. Grafik Tracing PSNR untuk Video Uji Foreman



Gambar 10. Grafik Tracing PSNR untuk Video Uji Carphone



Gambar 11. Grafik Tracing PSNR untuk Video Uji Bus

Gambar 9 menunjukkan grafik nilai dari PSNR dari metode yang digunakan berbasis *wavelet daubechies*, dimana dalam grafik tersebut menunjukkan bahwa db7 memberikan hasil yang lebih baik dari orde *wavelet daubechies* lainnya untuk *video uji "Foreman"* yang memiliki karakteristi *video* dengan *background* tetap dan objek bergerak. Gambar 10 menunjukkan grafik nilai PSNR yang dihasilkan, dalam grafik tersebut menunjukkan bahwa db10 memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan orde *wavelet daubechies* lainnya untuk *video uji* dengan karakteristik *background* bergerak dan objek tetap, *video uji* dengan karakteristik tersebut terdapat dalam *videouji "Carphone"*. Pada Gambar 11 juga menunjukkan grafik nilai dari PSNR untuk *video uji "Bus"* dengan karakteristik *background* bergerak dan objek bergerak. Nilai PSNR yang dihasilkan menunjukkan bahwa db6 memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan orde *wavelet daubechies* lainnya. Nilai terbaik dari setiap orde *wavelet daubechis*



memberikan hasil yang berbeda berdasarkan karakteristik dari setiap *video* uji.

V. KESIMPULAN

Perbandingan untuk setiap orde *wavelet daubechies* dari db1 – db10 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai PSNR dari setiap orde *wavelet*. Semakin besar nilai PSNR yang dihasilkan maka semakin baik kualitas *video* yang dihasilkan. Penelitian ini menunjukkan bahwa db6 masuk dalam kategori cukup dengan nilai 27.37 dB, db7 dan db10 masuk dalam kategori baik dengan nilai 43.80 dB dan 32.06 dB untuk masing-masing *video* uji *Bus*, *Foreman* dan *Carphone*.

Perbandingan waktu komputasi menunjukkan teknik *multi resolusi bilateral motion estimation* berbasis piramida *wavelet* tidak mengalami perbedaan yang signifikan baik itu dari setiap orde *wavelet daubechies* yang dibandingkan berdasarkan *video* yang diujikan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, teknik *multi resolusi bilateral motion estimation* berbasis piramida *wavelet* dengan menggunakan orde dari *wavelet daubechies* dalam pemilihan orde *wavelet daubechies* dapat disesuaikan dengan karakteristik *video* uji yang digunakan.

REFERENSI

- [1] V. K. Kodavalla and P. Krishna Mohan, "Distributed Video Coding: CODEC Architecture and Implementation," *Signal Image Process. An Int. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 151–163, 2011.
- [2] I. M. O. Widyantara, N. Putu, and W. Yuniari, "Unidirectional Motion Estimation Technique With Full Search Algorithm For Frame Rate Up-Conversion Video," *Int. Conf. Smart Green Technol. Electr. Inf. Syst.*, no. November, pp. 5–7, 2014.
- [3] R. Li, H. Liu, J. Chen, and Z. Gan, "Wavelet pyramid based multi-resolution bilateral motion estimation for frame rate up-conversion," *IEICE Trans. Inf. Syst.*, vol. E99D, no. 1, pp. 208–218, 2016.
- [4] K. Lee, "Adaptive Frame Rate Up-Conversion Algorithms using Block Complexity Information," vol. 21, no. 8, pp. 813–820, 2018.
- [5] S. Yu and J. Jeong, "Multidirectional motion estimation algorithm for frame rate up-conversion," *MATEC Web Conf.*, vol. 125, p. 05002, 2017.
- [6] E. Filtering, R. Li, W. Ma, Y. Li, and L. You, "A Low-Complex Frame Rate Up-Conversion with," 2020.
- [7] Yong Guo, Li Chen, Zhiyong Gao, and Xiaoyun Zhang, "Frame Rate Up-Conversion Method for Video Processing Applications," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 60, no. 4, pp. 659–669, 2014.
- [8] A. Isberg and J. Jostell, "Frame rate up-conversion of real-time high-definition remote surveillance video," 2012.
- [9] M. Yoon, S.-H. Nam, I.-J. Yu, W. Ahn, M.-J. Kwon, and H.-K. Lee, "Frame-rate Up-conversion Detection Based on Convolutional Neural Network for Learning Spatiotemporal Features," 2021.
- [10] S. Yu and J. Jeong, "Multidirectional motion estimation algorithm for frame rate up-conversion," *MATEC Web Conf.*, vol. 125, pp. 2–5, 2017.
- [11] D. Park and J. Jeong, "Motion Compensated Frame Rate Up-Conversion Using Modified Adaptive Extended Bilateral Motion Estimation," *J. Autom. Control Eng.*, vol. 2, no. 4, pp. 371–375, 2014.
- [12] A. Barjatya, "Block Matching Algorithms For Motion Estimation," *DIP 6620 Spring 2004 Final Proj. Pap.*, 2004.
- [13] M. Muthia, K. Munadi, and F. Arnia, "Studi Kuantisasi Bin Terhadap Metode Local Binary Pattern dan Local Binary Pattern Variance pada Deteksi Citra Asap," *Karya Ilm. Mhs. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 31–39, 2017.
- [14] I. G. A. Garnita Darma Putri, N. P. Sastra, I. M. O. Widyantara, and D. M. Wiharta, "Kompresi Citra Medis dengan DWT dan Variable Length Code," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 2, p. 187, 2021.
- [15] I. G. M. M. Utama Yasa, L. Linawati, and N. Paramaita, "Penentuan Notasi Gamelan Rindik Menggunakan Metode Transformasi Wavelet," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, p. 319, 2018.
- [16] K. Rajalakshmi and K. Mahesh, "A Review on Video Compression and Embedding Techniques," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 141, no. 12, pp. 32–36, 2016.
- [17] S. S. N. H. Fransiskus Fran, "Prediksi Harga Saham Jii Menggunakan Transformasi Wavelet Diskrit Daubechies," *Bimaster Bul. Ilm. Mat. Stat. dan Ter.*, vol. 8, no. 4, pp. 659–666, 2019.
- [18] Rohima and M. Barkah Akbar, "Wavelet Analysis and Comparison from Coiflet Family on Image Compression," *2020 8th Int. Conf. Cyber IT Serv. Manag. CITSM 2020*, pp. 2–6, 2020.
- [19] M. B. Akbar, "Comparison and Analysis several Wavelet from Daubechies Family in Image Compression," *2020 8th Int. Conf. Cyber IT Serv. Manag. CITSM 2020*, pp. 0–3, 2020.
- [20] S. Sridhar, P. Rajesh Kumar, and K. V. Ramanaiah, "Wavelet Transform Techniques for Image Compression – An Evaluation," *Int. J. Image, Graph. Signal Process.*, vol. 6, no. 2, pp. 54–67, 2014.
- [21] V. P. Kulalvaimozhi, M. Germanus Alex, and S. John Peter, "Performance Analysis of Image Compression Using LPWCF," *Lect. Notes Data Eng. Commun. Technol.*, vol. 33, no. Iv, pp. 30–41, 2020.
- [22] S. B. N and R. A., "Performance Evaluation of Video Compression Using Different Wavelets and Tensors for Multimedia Applications," *SSRN Electron. J.*, 2019.
- [23] D. R. I. M. Setiadi, "PSNR vs SSIM: imperceptibility quality assessment for image steganography," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 80, no. 6, pp. 8423–8444, 2021.
- [24] S. Syamsuryadi and I. Aqil, "Watermarking Video Menggunakan Metode Transformasi Wavelet Diskrit," *J. Ilm. Inform. Glob.*, vol. 9, no. 2, pp. 90–94, 2019.
- [25] T. Maharani, M. A. Zainuddin, and S. Sukaridhoto, "Pengukuran Psnr Pada Transmisi Video Di Kanal Terahertz Menggunakan Qam Modulation," *Klik - Kumpul. J. Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 2, p. 154, 2020.