



PENGUKURAN KUALITAS APLIKASI PEMUTAR VIDEO MENGGUNAKAN METODE SSIM

A QUALITY MEASUREMENT OF VIDEO PLAYER APPLICATION USING SSIM METHOD

¹⁾Andi Danang Krismawan, ²⁾Chaerul Umam

¹⁾Program Studi Animasi, Fakultas Ilmu Komputer

²⁾Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer

^{1,2)}Universitas Dian Nuswantoro

Jl. Imam Bonjol 207 Semarang, 50131

Email: 1andidanang@dsn.dinus.ac.id, 2chaerul@dsn.dinus.ac.id

ABSTRAK

Aplikasi pemutar video yang saat ini beredar memiliki kualitas berbeda, antara lain kualitas visual dan kualitas video. Beberapa aplikasi pemutar video seperti GOM, KMP, VLC dan MPC sering digunakan masyarakat dalam sarana hiburan maupun pendidikan. Perlu penilaian yang objektif berdasarkan hasil perhitungan yang menyatakan kualitas dari aplikasi pemutar video dengan tujuan adanya informasi sebagai sarana rekomendasi kepada masyarakat. File video akan diolah terlebih dahulu dengan pemotongan durasi pada video agar file video tersebut dapat muat terbaca oleh Matlab dengan ukuran 640x480 piksel. Selanjutnya untuk mendapatkan frameframe yang ada di video tersebut dengan dilakukan proses akuisisi video dengan dua metode yaitu komputasi dan capturing. Hasil akhir di uji dengan perhitungan SSIM (*Structural Similarity Index Measurement*). Aplikasi KMP, GOM, VLC memiliki nilai rata-rata SSIM yang lebih mendekati nilai 1 yaitu dengan rata-rata 0.98914; 0.99083; 0.98952 untuk frame video GFTA dan 0.98328; 0.98002; 0.98125 untuk hasil frame video RMTM, sedangkan MPC menghasilkan nilai rata-rata yang lebih rendah dibanding ketiga aplikasi tersebut yaitu dengan rata-rata 0.96395 untuk frame video GFTA dan 0.95877 untuk frame video RMTM. GOMPlayer adalah aplikasi pemutar video terbaik yang dapat digunakan masyarakat sebagai media pemutar video, hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata SSIM yang diperoleh mencapai 0.99083.

Kata Kunci : Video player, kualitas, frame, SSIM.

ABSTRACT

Video player applications currently in circulation have different qualities, including visual quality and video quality. Several video player applications such as GOM, KMP, VLC and MPC are often used by the public for entertainment and education. An objective assessment is needed based on the results of calculations that state the quality of the video player application with the aim of providing information as a means of recommendation to the public. The video file will be processed first by cutting the duration of the video so that the video file can be read by Matlab with a size of 640x480 pixels. Furthermore, to get the frame in the video, the video acquisition process is carried out using two methods, namely computation and capturing. The final results were tested with the SSIM (Structural Similarity Index Measurement) calculation. Applications KMP, GOM, VLC have an average SSIM value closer to the value of 1, namely with an average of 0.98914; 0.99083; 0.98952 for GFTA and 0.98328 video frames; 0.98002; 0.98125 for the results of RMTM video frames, while MPC produces an average value that is lower than the three applications, with an average of 0.96395 for GFTA video frames and 0.95877 for RMTM video frames. GOMPlayer is the best video player application that can be used by the public as a video player media, this is evidenced by the average SSIM value obtained 0.99083.

Keywords : Video player, quality, frame, SSIM.

PENDAHULUAN

Sebuah video dapat diputar dengan menggunakan alat bantu atau tools (software) yang disebut sebagai video player. Zaman dahulu saat manusia belum mengenal komputer serta dimana video masih tersimpan dalam bentuk kepingan kaset VCD atau DVD, video player yang ada saat itu memiliki bentuk fisik yang dapat disentuh secara langsung oleh manusia (Wati, 2013). Namun setelah manusia mengenal komputer dan sistem cloud computing dimana video dapat disimpan dan disebarluaskan secara online, serta dengan adanya perkembangan teknologi, manusia mampu membuat video player menjadi sebuah aplikasi (software) yang



digunakan untuk membantu manusia memutar video di dalam komputer. Kemajuan teknologi menjadikan manusia sebagai makhluk yang kreatif serta inovatif dan juga kompetitif. Salah satu bentuk kompetitif manusia dalam bidang teknologi adalah munculnya berbagai macam aplikasi pemutar video dengan menawarkan kualitas visual serta audio yang berbeda-beda karena format standar yang digunakan oleh masing-masing pengembang dengan berbagai elemen yang terkandung pada video tersebut (Digitalview Studio, 2010). Berikut ini merupakan aplikasi pemutar video yang sering digunakan oleh masyarakat yaitu (Download Astro, 2011) MPC-HC, KMPlayer, GOM, VLC, dan sebagainya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kualitas gambar atau visual yang dihasilkan oleh beberapa aplikasi pemutar video tersebut dengan cara membandingkan frame yang di-capture melalui aplikasi-aplikasi tersebut dengan frame asli dari video yang telah di-download yang diperoleh dari proses akuisisi video melalui metode komputasi.

Pengukuran kualitas visual dari pemutar video dilakukan untuk mendapatkan penilaian secara objektif. Pada umumnya dalam memberikan penilaian terhadap sesuatu dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu dengan pendekatan subjektif dan dengan pendekatan objektif (Efrat H, Syahbana, & Rachmawati, 2016). Penilaian subjektif didapatkan dari hasil pendapat orang lain sedangkan penilaian objektif didapatkan dengan melakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur tertentu. Dalam kasus ini dilakukan pengukuran terhadap kualitas visual yang dihasilkan oleh aplikasi pemutar video dengan menggunakan alat ukur sehingga menghasilkan penilaian yang objektif dimana bagus tidaknya kualitas visual tersebut diungkapkan dengan angka numerik (Wardhani & Madenda, Desember 2016).

Dalam pengolahan citra digital, kualitas citra dapat diukur dengan menggunakan beberapa alat ukur seperti MSE (Mean Squared Error), PSNR (Peak Signal to Noise Ratio), SSIM (Structural Similarity Index Measure), dan lain-lain. Pada penelitian ini SSIM akan digunakan untuk mengukur kualitas visual dari aplikasi pemutar video tersebut karena SSIM sendiri dibangun atau dibentuk untuk menggantikan alat ukur sebelumnya (Adi). Hal ini dikarenakan MSE dan PSNR mendapatkan kritik besar karena hasil pengukuran yang diperoleh tidak berkorelasi baik dengan perspektif mata manusia, sehingga munculah SSIM yang mana metode ini lebih konsisten dan lebih akurat (Gurav & Patil, 2016). SSIM sendiri merupakan alat ukur yang menggunakan struktur komponen seperti luminasi (luminance/l), rata-rata (mean/ μ), varian (σ^2), dan co-varian (σ_{xy}) pada citra digital.

METODE

Proses Akuisi Video

Di dalam sebuah video banyak sekali data yang dapat diperoleh salah satunya adalah frame video. Menurut Ire Puspa Wardhani dan Sarifuddin Madenda mengatakan bahwa: "Proses akuisisi video ini digunakan untuk pengambilan data yaitu berupa frame yang ada pada sebuah video." Ada beberapa cara untuk melakukan proses akuisisi ini diantaranya yaitu dengan meng-capture atau men-screen shoot frame video seperti yang diketahui oleh kebanyakan orang atau bisa juga dengan cara komputasi seperti yang ada di dalam jurnal "Algoritma Ekstraksi Video Frame Berdasarkan Analisis Histogram HCL" (Wardhani & Madenda, Desember 2016). Proses akuisisi video yang digunakan dalam jurnal diatas merupakan tahap pre-processing yang dilakukan oleh peneliti sebelum melakukan ekstraksi frame berdasarkan fitur HCL. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian tersebut adalah timbulnya masalah seperti waktu yang dibutuhkan untuk memproses pembacaan video, pemecahan frame-frame yang ada di dalam video, pengelompokan frame, menemukan frame serta mengenali frame berdasarkan keyframe tertentu yang disebabkan oleh banyaknya frame video dalam penyimpanan data. Berangkat dari permasalahan tersebut peneliti melakukan penelitian tersebut dengan tujuan untuk mempermudah proses penganalisisan terhadap frame video.

Pengukuran Kualitas Video

Metode evaluasi kualitas citra dapat dibagi menjadi dua yaitu evaluasi secara subjektif yaitu berdasarkan penilaian seseorang terhadap citra dan evaluasi secara objektif yang mana dalam pengevaluasiannya berdasarkan pada pengolahan informasi numerik yang ada dalam citra (Horé & Ziou, 2010). Dalam mengukur kualitas citra secara objektif terdapat beberapa metode yang bisa digunakan, antara lain yaitu MSE (Mean Square Error), PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) dan PSNR (Peak Signal to Noise Ratio).

$$MSE(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - y_{ij})^2}{m \times n} \quad (1)$$

Dimana x_{ij} adalah informasi numerik pada citra hasil kompresi atau citra yang diuji, y_{ij} adalah informasi numerik pada citra sebenarnya, serta m dan n adalah ukuran panjang dan lebar dari citra. PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) merupakan rasio antara nilai maksimum dari sebuah sinyal (citra) dan nilai noise yang mempengaruhi ketepatan (fidelity) sinyal tersebut. Satuan untuk PSNR sendiri adalah dalam satuan desibel (dB) dan secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$PSNR(x, y) = 10 \log_{10} \left(\frac{\text{maks}_y^2}{MSE(x, y)} \right) \quad (2)$$

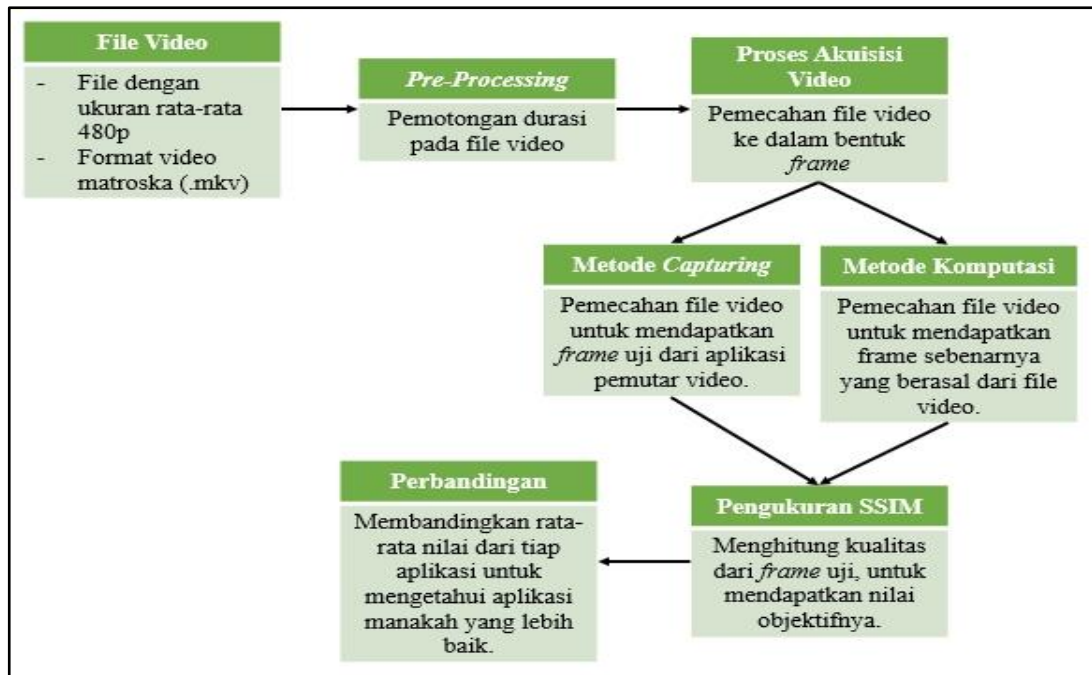
Menggunakan log basis 10, maks_y adalah intensitas atau nilai maksimum pada citra sebenarnya, misal pada citra grayscale nilai atau intensitas maksimumnya adalah 255 maka nilai untuk $\text{maks}_y = 255$. SSIM (Structural Similarity Index Measure) didesain dengan tujuan menggantikan MSE dan PSNR. Konsep SSIM berdasarkan pada kemiripan antara dua citra. Pertama kali ditemukan dan diperkenalkan oleh Zhou Wang, Al Bovik, Hamid Syeikh, dan Eero Simoncelli pada tahun 2004 dalam paper yang berjudul "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity". Mengkombinasikan nilai luminasi (l), kontras (c) serta struktur (s) dari ke-2 citra (Adi). Secara matematis disimbolkan sebagai berikut:

$$SSIM(x, y) = [l_{(x,y)}]^\alpha \times [c_{(x,y)}]^\beta \times [s_{(x,y)}]^\gamma \quad (3)$$

Dengan α , β dan γ sebagai eksponen atau parameter yang menunjukkan kepentingan relatif dari ketiga komponen (default nilai eksponen sama dengan 1) (MathWorks), sedangkan μ_x adalah rata-rata dari citra x , μ_y rata-rata dari citra y , σ_x covariance dari citra x , σ_y covariance citra y , σ_{xy} covariance citra x terhadap citra y , σ_x^2 varian dari citra x , σ_y^2 varian dari citra y serta c_1, c_2 , dan c_3 adalah nilai konstanta yang di dapat dari $c_1 = (k_1 L)^2$; $c_2 = (k_2 L)^2$; $c_3 = \frac{1}{2} c_2$ dengan nilai $L = 255$ untuk citra 8-bit. X adalah citra yang sedang diamati dan Y adalah citra asli atau sebenarnya.

Usulan Metode

Inputan dalam proses penelitian ini adalah berupa file video dengan ukuran rata-rata 480 piksel (p). Ukuran 480p dipilih karena ukurannya yang tidak terlalu kecil sehingga saat video diperbesar visualnya tidak akan terlalu pecah seperti video dengan ukuran 240p maupun 360p. Selain itu, ketika di proses di dalam matlabpun video dengan ukuran 480p tidak akan mengalami proses komputasi yang terlalu lama jika dibandingkan dengan video yang berukuran 560p, 720p maupun 1080p (dengan durasi video yang sama). Format file matroska (.mkv) sendiri dipilih karena format ini hanya membutuhkan ruang memori yang lebih sedikit dibandingkan file video dengan format AVI maupun MP4, selain itu file dengan format mkv ini lebih mudah dicari dan ditemukan jika dibandingkan dengan file video dengan format FLV.



Gambar 1. Alur Usulan Metode

Sebelum lanjut ke proses inti, file video akan diolah terlebih dahulu (pre-processing) dimana pengolahan ini berupa pemotongan durasi pada video agar file video tersebut dapat muat terbaca oleh Matlab. Setelah itu baru masuk ke proses inti yang pertama yaitu proses untuk mendapatkan frame-frame yang ada di video tersebut dengan dilakukan proses akuisisi video dengan dua metode, yaitu:

- Metode komputasi, proses pada metode ini dilakukan di dalam tools matlab dengan tujuan untuk mendapatkan frame video yang asli.
- Metode capturing, metode ini pemrosesannya akan dilakukan di aplikasi-aplikasi pemutar video yang hasil visualnya akan diuji, proses ini digunakan untuk mendapatkan frame uji.

Setelah proses pemecahan video ke bentuk frame telah selesai, frame akan disimpan ke dalam folder (tempat penyimpanan) yang terpisah agar mempermudah tahap atau proses selanjutnya. Proses berikutnya merupakan pengukuran kualitas frame itu sendiri, pengukuran ini menggunakan metode SSIM dimana di dalam SSIM itu sendiri memiliki ketentuan yaitu, bahwa rentang nilai yang digunakan SSIM adalah antara -1 hingga 1, semakin mendekati nilai 1 maka kualitas visual video (frame uji) akan semakin bagus karena visualnya mendekati citra asli (frame asli). Langkah selanjutnya atau proses terakhir adalah melakukan perbandingan, dimana proses ini akan dapat dilakukan ketika semua frame telah mendapatkan nilai SSIM-nya. Perbandingan ini dilakukan berdasarkan nilai rata-rata SSIM yang diperoleh dari hasil pengukuran frame pada tiap-tiap aplikasi pemutar video. Dari perbandingan nilai rata-rata tersebut nantinya akan ditemukan aplikasi manakah yang menghasilkan kualitas visual yang menyerupai kualitas visual video yang sebenarnya. Setelah menemukan aplikasi yang menghasilkan kualitas visual yang terbaik maka tahap berikutnya adalah memberikan rekomendasi kepada masyarakat terkait aplikasi pemutar video tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini berupa file video yang didapatkan dari proses pen-download-an. File video ini di download melalui website yang menyediakan link-link (alamat) penyimpanan online (cloud computing) tempat dimana para pengelola menyimpan dan tempat dimana orang-orang secara bebas dapat mengunduh file tersebut dengan menggunakan koneksi internet. Dalam kasus ini file video didapatkan dari website AWSubs dengan alamat awsubs.co dan dari website Smallencode dengan alamat smallencode.com. Judul video yang digunakan adalah Grandblue Fantasy The Animation (GFTA) episode 2 dan Ruler Master of The Mask (RMTM) episode 17. Dalam komputasi matlab proses akuisisi video dilakukan dengan sederetan perintah dan fungsi seperti ditunjukkan pada Gambar 2 hingga Gambar 4.

```
nFrames = videoReader.NumberOfFrames;
fig = figure (1);
ii = '000000';
for i = 1:nFrames
    vidFrame = read (videoReader, i);
    if i < 10
        ii = strcat ('00000', num2str(i));
    else if i < 100
        ii = strcat ('0000', num2str(i));
    else if i < 1000
        ii = strcat ('000', num2str(i));
    else if i < 10000
        ii = strcat ('00', num2str(i));
    else if i < 100000
        ii = strcat ('0', num2str(i));
    else ii = num2str(i);
    end
end
end
end
end
end
end
end
savename = strcat ('image_',ii, '.jpg');
imwrite (vidFrame, savename);
imshow (vidFrame);
drawnow
end
```

Gambar 2. Source Code untuk Proses Akuisisi di Matlab

Sedangkan berikut ini merupakan sederetan fungsi yang digunakan untuk mengukur kualitas frame-frame uji diatas:

```
exponents = [1 1 1];
radius = 1.5;
dymnRange = 255;
C = [(0.01*dymnRange).^2 (0.03*dymnRange).^2 ((0.03*dymnRange).^2)/2];

if isempty(A)
    ssimval = zeros(0, 'like', A);
    ssimmap = A;
    return;
end
if isa(A, 'int16') % int16 is the only allowed signed-integer type for J
    % Add offset for signed-integer types to bring values in the
    % non-negative range.
    A = double(A) - double(intmin('int16'));
    ref = double(ref) - double(intmin('int16'));
elseif isinteger(A)
    A = double(A);
    ref = double(ref);
end
% Gaussian weighting function
gaussFilt = getGaussianWeightingFilter(radius, ndims(A));
% Weighted-mean and weighted-variance computations
mux2 = imfilter(A, gaussFilt, 'conv', 'replicate');
muy2 = imfilter(ref, gaussFilt, 'conv', 'replicate');
muxy = mux2.*muy2;
```

Gambar 3. Source Code untuk Proses Pengukuran SSIM

Bagian fungsi pembobotan gaussian dimana fungsi ini digunakan untuk menghindari pemblokiran artefak-artefak dalam mengestimasi statistik lokal (MathWorks), source code fungsi tersebut pada matlab seperti Gambar 4.

```
function gaussFilt = getGaussianWeightingFilter(radius,N)
% Get 2D or 3D Gaussian weighting filter

filtRadius = ceil(radius*3); % 3 Standard deviations include >99% of the area.
filtSize = 2*filtRadius + 1;

if (N < 3)
% 2D Gaussian mask can be used for filtering even one-dimensional
% signals using imfilter.
gaussFilt = fspecial('gaussian',[filtSize filtSize],radius);
else
% 3D Gaussian mask
[x,y,z] = ndgrid(-filtRadius:filtRadius,-filtRadius:filtRadius, ...
-filtRadius:filtRadius);
arg = -(x.*x + y.*y + z.*z)/(2*radius*radius);
gaussFilt = exp(arg);
gaussFilt(gaussFilt<eps*max(gaussFilt(:))) = 0;
sumFilt = sum(gaussFilt(:));
if (sumFilt ~= 0)
gaussFilt = gaussFilt/sumFilt;
end
end
end
```

Gambar 4. Fungsi Pembobotan Gaussian



Gambar 5. File RMTM asli dan GFTA asli setelah di running menggunakan beberapa aplikasi pemutar video

Kumpulan frame pada Gambar 5 merupakan frame-frame yang membentuk file video GFTA, RMTM, pada aplikasi KMPlayer, GOM Player, MPC-HC dan VLC yang sesungguhnya. Frame tersebut diambil dengan menggunakan proses akuisisi yang memanfaatkan tool matlab atau dapat disebut dengan istilah proses pengambilan frame dengan menggunakan metode komputasi matlab. Kumpulan frame inilah yang akan digunakan sebagai frame acuan saat pengukuran SSIM yang mewakilkan file video dengan tipe animasi 2D. Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan nilai SSIM hasil uji pada berbagai aplikasi pemutar video.

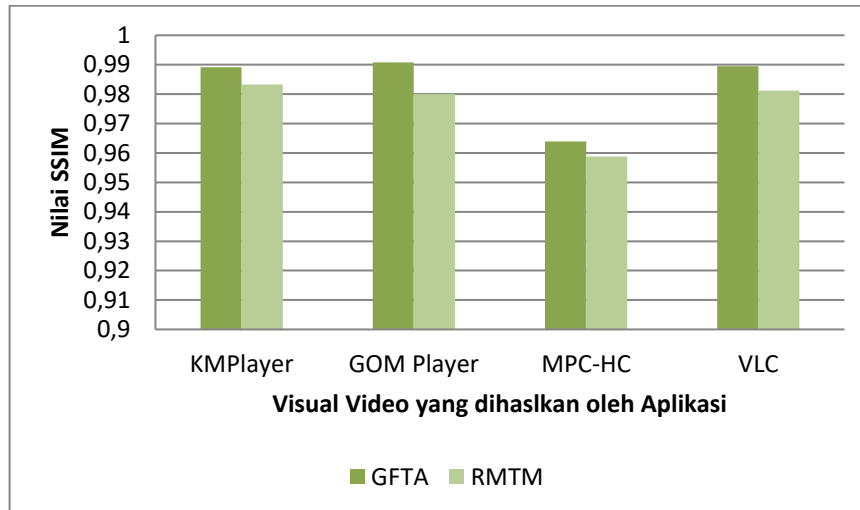
Tabel 1. Hasil SSIM pada *frame* Uji File GFTA

No	File Frame Asli (x)	KMP Player	GOM Player	MPC	VLC
1	Asli 1a	0.9877	0.9895	0.9536	0.9877
2	Asli 2a	0.9879	0.9910	0.9545	0.9879
3	Asli 3a	0.9834	0.9857	0.9468	0.9839
4	Asli 4a	0.9835	0.9862	0.9368	0.9838
5	Asli 5a	0.9861	0.9883	0.9523	0.9863
6	Asli 6a	0.9921	0.9936	0.9704	0.9921
7	Asli 7a	0.9878	0.9893	0.9576	0.9885
8	Asli 8a	0.9971	0.9976	0.9948	0.9973
9	Asli 9a	0.9897	0.9904	0.9874	0.9916
10	Asli 10a	0.9961	0.9967	0.9853	0.9961

Tabel 2. Hasil SSIM pada *frame* Uji File RMTM

No	File Frame Asli (x)	KMP Player	GOM Player	MPC	VLC
1	Asli 1a	0.9805	0.9801	0.9574	0.9805
2	Asli 2a	0.9865	0.9862	0.9654	0.9865

3	Asli 3a	0.9861	0.9772	0.9724	0.9867
4	Asli 4a	0.9823	0.9810	0.9667	0.9774
5	Asli 5a	0.9799	0.9779	0.9301	0.9799
6	Asli 6a	0.9777	0.9748	0.9390	0.9777
7	Asli 7a	0.9844	0.9771	0.9597	0.9779
8	Asli 8a	0.9844	0.9828	0.9689	0.9852
9	Asli 9a	0.9885	0.9822	0.9709	0.9775
10	Asli 10a	0.9825	0.9809	0.9572	0.9832



Gambar 6. Nilai Rata-rata SSIM

Berdasarkan Gambar 6, setelah melihat rata-rata SSIM diatas dapat dikatakan bahwa aplikasi GOM, KMP dan VLC mampu menghasilkan kualitas visual video yang hampir menyamai dengan kualitas visual video yang sebenarnya. Sedangkan pada aplikasi MPC-HC, nilai rata-rata yang diperolehnya memiliki rentang yang terlampaui jauh jika dibandingkan dengan aplikasi lainnya. Hal tersebut menandakan bahwa kualitas visual yang dihasilkan oleh MPC memiliki perbedaan yang sangat signifikan.

Berdasarkan uraian diatas, dapat diartikan bahwa kualitas visual yang dihasilkan oleh aplikasi GOM, KMP serta VLC tidak mengalami perubahan yang signifikan seperti yang terjadi pada aplikasi MPC, sebagai frame asli tentunya kualitas yang dimilikinya merupakan kualitas frame yang paling sempurna sehingga untuk memilih kualitas frame uji yang terbaik adalah frame dengan kualitas yang sangat mendekati kualitas aslinya (menghasilkan nilai SSIM yang tertinggi). Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa KMP merupakan aplikasi pemutar video yang menghasilkan kualitas visual video terbaik dengan nilai rata-rata SSIM untuk GFTA adalah 0.98914 dan untuk RMTM adalah 0.98328.

KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi KMP, GOM, serta VLC memiliki nilai rata-rata SSIM yang lebih mendekati nilai 1 yaitu dengan rata-rata 0.98914; 0.99083; 0.98952 untuk frame video GFTA dan 0.98328; 0.98002; 0.98125 untuk hasil frame video RMTM, sedangkan aplikasi MPC menghasilkan nilai rata-rata yang lebih rendah dibanding ketiga aplikasi tersebut yaitu dengan rata-rata 0.96395 untuk frame video GFTA dan 0.95877 untuk frame video RMTM. Berdasarkan hasil penelitian, aplikasi KMPlayer adalah aplikasi pemutar video yang terbaik yang dapat digunakan oleh masyarakat sebagai media pemutar video. Hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata SSIM yang diperolehnya dimana nilai rata-rata secara keseluruhan dari KMPlayer ini mencapai 0.98621. Penelitian ini tidak hanya berhenti disini saja, selanjutnya dianjurkan untuk melakukan penelitian yang serupa namun dengan versi aplikasi yang berbeda (versi terbaru) atau dengan aplikasi pemutar video yang lain, menggunakan pendekatan maupun metode atau algoritma yang berbeda yang lebih efektif, menggunakan resolusi video yang lebih tinggi, dan format video yang lainnya seperti avi, mp4 dan flv.



DAFTAR PUSTAKA

- Adi, P. W. (n.d.). PCD Lanjut Pertemuan 1 - Pengujian Kualitas Citra. Retrieved Maret 24, 2017, from prajanto.blog.dinus.ac.id/materi-kuliah/pcd-lanjut
- Digitalview Studio. (2010). Konsep dasar video. Retrieved Mei 23, 2017, from digitalview.weebly.com/konsep-dasar-video.html
- Download Astro. (2011). Pemutar Media. Retrieved Mei 21, 2017, from id.downloadastro.com
- Efrat H, E., Syahbana, Y. A., & Rachmawati, H. (2016). Perancangan dan Implementasi Website sebagai Media Survei Kualitas Video berdasarkan ITU-P.910. Prosiding Annual Research Seminar 2016, 2(1), 74-78.
- Gurav, P., & Patil, G. (2016). Full-Reference Video Quality Assessment using Structural Similarity (SSIM) Index. MAT Journals, 1(2), 1-15.
- Horé, A., & Ziou, D. (2010). Image quality metrics: PSNR vs. SSIM. International Conference on Pattern Recognition (hal. 2366-2369). IEEE.
- MathWorks. (n.d.). Retrieved Januari 14, 2018, from www.mathworks.com/help/images/ref/ssim.html
- Wardhani, I. P., & Madenda, S. (Desember 2016). Algoritma Ekstraksi Video Frame Berdasarkan Analisis Histogram HCL. Jurnal Ilmiah KOMPUTASI, 15(2), 77-83.
- Wati, W. U. (2013). VIDEO: MAINAN DAN BERMAIN. Brikolase, 55-65.