

PERBANDINGAN KUALITAS CITRA PADA TIGA SOFTWARE VIDEO

Harmastuti¹, Dwi Setyowati², Panggih Cahyo Prasetyo³, Mahendra Kurnia Widhiatmoko⁴
^{1,2,3,4}Prodi Sistem Komputer, IST AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹harmastuti@akprind.ac.id, ²dwisetiowati@akprind.ac.id,
³panggihcahyop@gmail.com, ⁴mahe13621@gmail.com

Masuk: 01 Desember 2018, Revisi masuk: 10 Januari 2019, Diterima: 17 Januari 2019

ABSTRACT

The development of information technology is currently very rapid, can be seen in the real world how important the use of video, such as in the field of advertising, entertainment, business and no less important in the field of education for the delivery of learning information which all require a clear and attractive display.

In this study, we will examine a comparison of three video software on image quality, image sharpness, brightness and audio effects in Windows Live Movie Maker, VideoSpin and Movavi Video. The research conducted made the video using the three software on the NTSC video format, AVI file type, resolution (720x480), 4:3 Pixel ratio, Standard D1 aspect ratio (0.09), 1500 kbps bit rate, 29.97fps frame rate with Audio: Stereo Channels, 48,000 HZ sample rate, 2.2 minutes duration. The samples were taken by the HMJ activities (HIMAKOM), namely graphic science competitions, sports, the introduction of new software training students, data used by static photos. For testing, questionnaires were collected on 43 respondents, students, majoring in Computer Systems and Statistics to assess the results of the video from the three video software and then tested with ANOVA to find out which one was better.

From the results of the calculation of respondents' data, the average respondents liked the Movavi Video software with an image quality value of 89.2, sharpness of images 88.103, audio effects 83.333 and after being tested using ANOVA software Movavi Video analysis was better. It was concluded in this study that Movavi Video software could be a consideration to choose from in making videos.

Keywords: Video, Image quality, Brightness, ANOVA.

INTISARI

Perkembangan teknologi Informasi saat ini sangat pesat, dapat dilihat di dunia nyata betapa pentingnya penggunaan video, seperti untuk periklanan, entertain, bisnis, dan tak kalah pentingnya di bidang pendidikan untuk penyampaian informasi pembelajaran yang semuanya memerlukan tampilan yang jelas dan menarik.

Dalam penelitian ini dibandingkan tiga *software* video pada kualitas citra, ketajaman gambar, *brightness*, dan efek audio pada Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video. Penelitian yang dilakukan membuat video menggunakan ketiga *software* tersebut pada Format video NTSC, File type AVI, resolusi 720x480), rasio 4:3 *pixel*, aspek rasio D1 Standar (0.09), bit rate 1500 kbps, frame rate 29,97 fps dengan Audio: Channels Stereo, sampel rate 48.000 HZ, durasi 2.2 menit. Sampel diambil objek kegiatan HMJ (HIMAKOM) yaitu lomba desain grafis, olah raga, pelatihan *software* pada mahasiswa baru, dan data yang digunakan berupa foto statis. Untuk pengujian dilakukan pengisian kuisisioner pada 43 responden mahasiswa Jurusan Sistem Komputer dan Statistika untuk menilai hasil video dari ketiga *software* dan selanjutnya diuji dengan ANOVA untuk mengetahui mana yang lebih bagus.

Dari hasil perhitungan data responden rata-rata responden menyukai *software* Movavi Video dengan nilai kualitas citra 89,2, ketajaman gambar 88,103, efek audio 83,333, dan setelah diuji menggunakan analisis ANOVA *software* Movavi Video lebih baik. Disimpulkan pada penelitian ini *software* Movavi Video dapat menjadi pertimbangan untuk dipilih dalam membuat video.

Kata-kata kunci: Video, Kualitas citra, Brightness, ANOVA.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi komputer semakin pesat, begitu pula dengan multimedia berbasis komputer, karena dengan multimedia dapat menyampaikan informasi secara cepat baik berbentuk tulisan menarik (teks), gambar (*image*), animasi, suara (audio), video baik secara parsial maupun integrasi semuanya. Dari semua elemen multimedia tersebut video merupakan bagian dari multimedia yang berperan penting karena dapat membawa pengguna komputer lebih dekat dengan dunia nyata, video dapat membantu menangkap, merekam, memroses, menransmisi, dan menata ulang gambar bergerak biasanya menggunakan film seluloid, sinyal elektronik, atau media digital. Aplikasi umum dari teknologi video seperti televisi, tetapi, dapat juga digunakan dalam aplikasi teknik, keilmuan, produksi dan keamanan juga dapat diunduh di telepon seluler tetapi dengan format tertentu karena keterbatasan memori. Penggunaan video pada multimedia mencakup banyak hal seperti *entertainment* (broadcast TV), VCR/DVD *recording*, *interpersonal* (*video telephony*, *video conferencing*), atau *interactive* (windows). Dalam periklanan, multimedia sangat membantu dalam penyampaian informasi secara cepat, sedangkan pada dunia pendidikan video dapat memvisualkan materi pembelajaran supaya lebih menarik terutama pada anak-anak usia di bawah 10 tahun, begitu juga untuk siswa dan mahasiswa. Untuk anak usia balita video dapat digunakan untuk mengenalkan lingkungan sekitar baik alam maupun dalam kehidupan sehari-hari, sedangkan untuk siswa SD, SMP, SMA, dan Mahasiswa dapat digunakan sebagai penyampaian materi pembelajaran, untuk dunia bisnis dapat mengenalkan/ menawarkan produk yang dibuat. Hasil pembuatan video dapat disimpan dalam bentuk CD ataupun disimpan di komputer. Di sini perlu diperhatikan kapasitas penyimpanan file video, karena file video jika tanpa dikecilkan (dikompres) akan banyak memakan memori penyimpanan apalagi file video yang penuh animasi, apabila diunggah di internet maka proses *loading* akan lama. Penggunaan video dapat

berbasis analog atau digital. Dari kedua tipe ini dirasa video digital lebih efektif. Dalam makalah penelitian ini dibahas tentang perbandingan kualitas citra pada aplikasi tiga software video, yang ditinjau pada tampilan gambar secara keseluruhan, *brightness* kontras pada masing-masing gambar dan efek audio pada tampilan ketiga video. *Software* yang dibandingkan adalah Windows Live Movie Maker, videospin (pinacle), dan Movavi video. Selanjutnya dilakukan pengamatan langsung pada video yang dibuat oleh mahasiswa Jurusan Sistem Komputer dan Jurusan Statistika dengan sampel sebanyak 43 orang. Hasil pengamatan diolah dengan SPSS menggunakan uji ANOVA.

Edy, dkk. (2006) membahas file video digital dan cara mengatasi besar ukuran file video menggunakan metoda kompresi file video yaitu *Discrete Cosine Transform* (DCT). Dalam pembuatan video perlu disiapkan naskah untuk ide yang akan disajikan seperti untuk penyusunan transisi antar gambar, pengambilan gambar, penggunaan kamera, tata suara (*audio*, *sound*), dll. Penelitian Balamba (2017) membahas simulasi pembuatan video animasi 3 dimensi tentang penyakit jantung koroner dengan menggunakan aplikasi *Wonder-share Filmora* dan *Audacity* yang disimpan format file.mp4 beresolusi 720x576 pixel berdurasi 5 menit 55 detik dan ukuran file 163 MB, proses dimulai dengan menentukan ide dan tema, studi literatur, mengumpulkan data sehingga merancang *storyboard*. Rekam jejak pembuatan video animasi 3D. Jatmiko dan Fiantika (2017) dalam melakukan analisis konsep/topik perancangan awal instrumen, penyederhanaan langkah dan teori pengembangan perangkat pembelajaran. Penelitian Buchari (2015) membuat video 3D untuk mekanisme pengujian kendaraan bermotor yang disimulasikan melalui video. Penelitian diawali dengan pengumpulan data hingga penyusunan *storyboard* untuk membuat visual integrasi semua data yang terkumpul menggunakan aplikasi *blended software Adobe Premiereprocs5* dan *Adobe Soundbooth* dalam penyimpanan file .avi resolusi 720x576 *pixel* untuk

video berdurasi 11 menit 54 detik dan ukuran file 2.52 GB.

Video merupakan elemen multimedia yang berisi rekaman dari kaset video, kamera atau yang lainnya yang bersifat analog maupun digital, kemudian dimasukkan dalam lingkungan komputer dan dikonversikan menjadi gambar-gambar digital yang tidak jauh berbeda dengan animasi yang bersuara. Dalam pembuatannya lebih sederhana dibandingkan dengan pembuatan animasi yang cukup rumit dan memakan waktu, tetapi peralatan tambahan yang diperlukan untuk membuat video dan memasukkannya ke dalam multimedia cukup banyak sekalipun masih cukup mahal. Untuk dapat memainkan file video di lingkungan windows diperlukan program aplikasi tambahan seperti Windows Media Player, Mplayer, dan FFmpeg. Pada dasarnya video merupakan *array* tiga dimensi dimana dua dimensi digunakan untuk menggambarkan ruang pergerakan gambar dan satu dimensi menggambarkan waktu. Sebuah *frame* adalah kumpulan *pixel* pada suatu waktu, bagaimana video bekerja pada saat cahaya direfleksikan dari sebuah objek melalui lensa kamera video maka cahaya akan dikonversikan menjadi sinyal elektronik oleh sensor *charge-couple-device* (CCD). Output CCD diproses oleh kamera menjadi sebuah sinyal yang memuat tiga *channel* informasi warna dan getaran sinkronisasi.

Dalam penyusunan video diperlukan data gambar, teks, suara (audio), narasi. Selain gambar dan teks, audio atau suara merupakan elemen multimedia yang berpengaruh dalam membuat presentasi multimedia berbasis video karena suara dapat membuat presentasi multimedia biasa ataupun spektakuler (Vaughan, 2006). Dalam pembuatan proyek multimedia perlu memperhatikan bagaimana membuat suara, bagaimana merekam dan mengedit suara pada komputer dan mengintegrasikan dalam proyek tersebut. Dalam sistem windows sistem suara dapat digunakan file wav, tetapi kebanyakan suara direkam secara digital maka dalam produk multimedia digunakan file MIDI (*musical instrument digital interface*). Audio digital diperoleh

dari inputan analog dari mikrofon, *tape recording*, atau siaran TV yang dikonversi ke digital dalam bentuk bilangan *binary*. Untuk merepresentasikan nilai sampel suara perlu memperhatikan *bitdepth*, ukuran sampel, resolusi dan *range* dinamis. Semakin banyak data yang disimpan semakin bagus resolusi dan kualitas suara yang ditangkap pada saat diputar. Dalam multimedia terdapat tiga frekwensi *sampling* yang sering dihitung dengan kHz (kiloherzs), 22.05 k.Hz dan 11.025 bkHz dengan ukuran sampel resolusi 8 bit stereo diperlukan 2,6 MB jika mono diperlukan 1,3 MB dalam waktu satu menit, untuk resolusi 16 bit diperlukan byte 2,5 MB mono, 1,3 MB untuk stereo waktu satu menit. Untuk mempersiapkan file audio siapkan rekaman dari media analog selanjutnya diunggah ke media digital komputer yang dapat menerima file data rekaman tersebut, selanjutnya untuk editing kualitas suara sesuaikan RAM dan tempat penyimpanan (*hard disk*) dan seting sehingga diperoleh suara yang diinginkan. Elemen-elemen yang menentukan ukuran file video antara lain *frame rate*, ukuran *image*, dan resolusi. *Frame rate* merupakan banyaknya gambar yang akan ditunjukkan setiap detik dengan ukuran *frame per secon* (fps). Ukuran standar movie video 30 fps, movi film 24 fps, dan fideo digital minimal 15 fps. *Image size* merupakan perbandingan lebar : tinggi *image* yang menentukan kualitas *image* dan *color dept/resolution* : sejumlah warna (*pixel*) yang ditampilkan di layar mulai dari 1 bit hingga 8 bit, 16 atau 24 bit per *pixel*. Kualitas video berhubungan langsung dengan *frame size*, *image size* dan *color depth*. Selain itu juga tergantung pada perpindahan gambar yang memerlukan *frame rate* tinggi. *Bit rate* merupakan jumlah bit yang diproses satu satuan waktu untuk mewakili media kontinu seperti video dan audio setelah dilakukan kompresi.

Video Analog

Dalam video analog digunakan sinyal elektrik (gelombang analog) seperti siaran TV yang bisa dilihat di rumah-rumah, video player yang menggunakan kaset VHS atau Betacam yang umumnya

di dalam kaset video terdapat 3 track seperti *track* gambar, suara dan *track* control.

Video Digital

Menurut Vaugan (2006) video digital adalah jenis sistem *video recording* yang bekerja menggunakan sistem digital dibandingkan dalam hal representasi videonya. Biasanya video digital direkam dalam *tape*, kemudian didistribusikan melalui *optical disc*, misal VCD dan DVD. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk menghasilkan video digital adalah *camcorder*, yang digunakan untuk merekam gambar-gambar video dan audio, sehingga sebuah *camcorder* terdiri dari *camera* dan *recorder*. *Camcorder* terdiri dari 3 komponen yaitu lensa untuk mengatur banyak cahaya, *zoom*, dan kecepatan *shutter*, *imager* untuk melakukan konversi cahaya ke sinyal elektronik video mini-DV *camcorder* DV Handycam dan *Recorder* untuk menulis sinyal video ke media penyimpanan (seperti *magnetic videotape*). Dalam pembuatan video digital perlu diperhatikan perangkat keras yang memenuhi spesifikasi minimum untuk proses transfer data, penyimpanan, dan kecepatan proses, seperti komputer dengan koneksi Fifi Wire, prosesor yang cepat, RAM, serta *hard disk* yang cepat dan besar. Untuk memastikan hasil editan tampilan dapat dilakukan minimal dua kali. Untuk mengatur suara dari *camcorder* perlu mixer audio, pembicara eksternal. Jika hasilnya akan dilihat di TV, maka diperlukan monitor televisi dan perangkat lunak editing non linier. Video digital saat ini menjadi suatu kebutuhan yang harus dipenuhi di masyarakat. Masalah yang muncul adalah ukuran file video yang besar. Untuk mengatasi masalah ini, dicari berbagai macam cara agar dapat melakukan kompresi terhadap file video dengan hasil tetap baik. Pada dasarnya video digital dapat disusun atas sederetan *frame* yang ditampilkan di layar pada kecepatan tertentu. Laju *frame* perlu diperhatikan, jika terlalu cepat gambar tidak dapat ditangkap mata manusia. Masing-masing *frame* merupakan gambar (*image*) yang direpresentasikan dalam sebuah matriks

yang elemennya merepresentasikan nilai intensitas. Karakteristik video digital ditentukan oleh resolusi (*resolution*) atau dimensi *frame*, kedalaman piksel (*pixel depth*), dan laju *frame* (*frame rate*). Hal ini akan menentukan perbandingan antara kualitas video dan jumlah bit yang diperlukan untuk menyimpan file video dan transmisi.

Resolusi atau dimensi *frame* merupakan ukuran yang dinyatakan dalam bentuk piksel x piksel, misalnya ukuran 640x480. Semakin tinggi resolusi, maka kualitas video semakin bagus karena lebih detil (padat) pikselnya. Tetapi hal ini mengakibatkan jumlah bit yang diperlukan semakin tinggi yang berefek pada penyimpanan dan transmisi. Sedangkan kedalaman bit (*bit depth*) diperlukan untuk menentukan jumlah bit yang akan digunakan dalam merepresentasikan setiap piksel pada sebuah *frame* dan dinyatakan bit/piksel. Semakin tinggi kedalaman piksel berarti jumlah bit yang digunakan lebih banyak. Ukuran 1 byte (8 bit) untuk setiap piksel akan diperoleh 2^8 atau 256 tingkat intensitasnya, sedangkan laju *frame* atau *frame rate* menggambarkan jumlah *frame* pada setiap detik. Tampilan video perlu memperhatikan kehalusan gerakan (*smooth motion*) dan kilatan (*flash*). Kehalusan gerakan ditentukan oleh jumlah *frame* yang berbeda pada setiap detiknya. Untuk mendapatkan gerakan yang halus diperlukan minimal 25 *frame*/detik, sedangkan kilatan ditentukan berapa kali layar di gambar perdetik. Video yang berkualitas memerlukan minimal 30 *frame* per detik, hal ini untuk menyesuaikan dengan mata manusia. Representasi warna pada data video pada umumnya dipisah menjadi komponen warna (*chrominance*) dan komponen kecerahan (*luminance*) yaitu RGB, YUV dan YIQ.

Kompresi video

Data video merupakan representasi data teks, gambar, suara, dan animasi yang belum dilakukan kompresi mempunyai kapasitas sangat besar. Salah satu contoh pada HDTV (*High Definition TV*) mempunyai kecepatan *bit rate* dapat mencapai lebih 1 Gb/ps, untuk

pengiriman data, ini melalui komunikasi jaringan sangat tidak mungkin. Data video dapat dibedakan menjadi dua yaitu *interframe* dan *intraframe* (Daryanto, 2005). Tinjauan pada H.261 dibuat oleh CCITT (Consultative Comite for International Telephone and Telegraph) dirancang untuk aplikasi video-telephone menggunakan jaringan telephone ISDN dengan kecepatan *bit rate* p x 64kb/sec dengan p *frame rate* bernilai 1-30.

Video Kamera

Video kamera menggunakan teknik-*interlaced*, yaitu metode untuk menampilkan gambar (*image*) dalam *rasterscanned display device* seperti CRT televisi analog, yang ditampilkan bergantian antara garis ganjil dan genap secara cepat untuk setiap *frame*. *Refresh rate* disarankan untuk metode *interlaced* adalah antara 50-80Hz. *Interlace* digunakan di sistem televisi analog PAL (*Phase Alternating Line*), memerlukan 625 baris, 50 Hz *refresh rate* dengan *frame rate* 25 fps. SECAM (*Séquentiel Couleur Avec Mémoire*) memerlukan *frequency modulation* 25 Hz *refresh rate* dan 625 baris format yang digunakan YUV.NTSC (*National Television System Committee*) memerlukan 525 baris, 60 Hz *refresh rate* dengan *frame rate* 30, fps format yang digunakan YIQ. NTSC (*National Television System Committee*), 29,97 fps, resolusi 720 x 480, rasio 4:3 pixel aspek rasio D1 Standar (0.09) dengan Audio: *Channels Stereo*, sampel rate 48.000 HZ

Format File Video

Format file video adalah format file untuk menyimpan data video digital pada sistem komputer, video hampir semuanya disimpan dalam kompresi hal ini bertujuan mengurangi ukuran file. Deskripsi format file video digital meliputi informasi *bit depth* dan rasio *sampling* untuk informasi warna yang ditunjukkan dalam tiga nilai dalam bentuk 4:4:4 mengacu pada jumlah sampel yang diambil dari tiga *channel* dari komponen video.

Beberapa Format File Video

Beberapa format file video adalah:

1. AVI (*Audio Video Interleave*), merupakan format berkas yang dibuat oleh Microsoft, sebagian besar format ini merupakan format baku pada saat *capture* video baik video digital maupun analog. Pilihan yang dapat diambil pada format AVI dengan metode *compressor-decompressor* (*codec*) yaitu Cinepak, Indeo, Microsoft video 1, Clear video (AVI). Apabila *codec* yang digunakan pada berkas AVI belum terinstal dikomputer maka berkas AVI tidak dapat dijalankan.
2. MPEG (*Motion Picture Expert Group*), merupakan file terkompresi *lossy*, ini biasa digunakan untuk format VCD dengan audio berformat MP3. MPEG merupakan sebuah sinkronisasi dan *multiplexing* video pada audio, kompresi *codec non interlaced* sinyal video, kompresi *codec* untuk pengodean perseptual, pengkodean sinyal video (MP1, MP2, MP3), prosedur untuk pengujian kesesuaian, pengujian perangkat lunak. *MP-1 beresolusi 352x240 dan hanya mensupport progressive scan video*, MP-2 beresolusi 352x240, digunakan untuk *broadcast*, siaran, *direct-satelit* dan TV kabel, dan suport *interlaced* format MP-2 digunakan pada HDTV dan DVD video disc. MPEG-4 adalah metode untuk kompresi video, MP-4 digunakan untuk streaming, *CD ditribution, videophone, dan broadcast television*.
3. RMVB (*Real Media Variabel Bit rate*), merupakan sebuah format video digital yang dibuat oleh Real Network.Inc yang memiliki kecepatan bit variabel perpanjangan dari *multimedia container real media*. Biasanya RBMV digunakan untuk penyimpanan secara lokal dengan ekstensi file RBMV. Keunggulan RBMV adalah menggunakan variabel *bit rate* untuk kompres file video dan memiliki ukuran kecil dengan kecepatan bit rendah dan kualitas lebih bagus dibanding AVI.

Perangkat Lunak Pendukung Video

Perangkat lunak pendukung video diperlukan untuk membuat atau mengedit video. Pengolahan video memerlukan proses memilih atau menyunting gambar

dari hasil *shooting* dengan cara memotong gambar ke gambar (*cut to cut*) atau dengan menggabungkan gambar-gambar dengan menyisipkan sebuah transisi animasi, narasi dan *sound*. Untuk editing video tersedia banyak perangkat lunak yang dapat digunakan, antara lain VideoSpin, Windows Live Movie Maker, dan Movavi Video.

1. VideoSpin

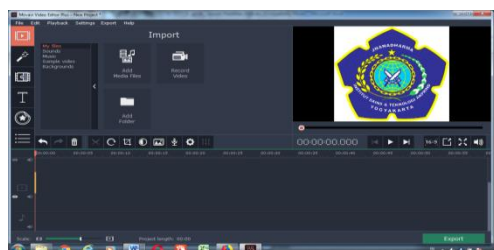
Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk membuat dan mengedit video maupun slide show berbasis multimedia. Fasilitas yang diberikan meliputi *capture* video, teks, transisi, *background sound*, dan musik. Lembar kerja awal Videospin atau Pinnacle ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lembar kerja Videospin (Pinnacle)

2. Movavi Video

Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk membuat, mengedit video, maupun *slide show* berbasis multimedia, fasilitas yang diberikan *capture* video, teks, transisi, *background sound*, musik, efek visual, dan menambah stiker gambar. Lembar kerja awal Movavi Video tampak pada Gambar 2.

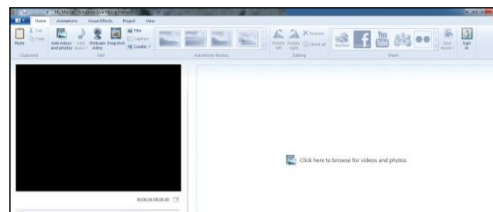


Gambar 2. Lembar kerja Movavi Video

3. Windows Live Movie Maker

Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk membuat, mengedit video maupun *slide show* berbasis multimedia. Fasilitas

yang diberikan *capture* video, teks, transisi, *background sound*, musik, visual efek, dan menambah stiker gambar. Lembar kerja awal Windows Live Movie Maker tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. Windows Live Movie Maker

Lembar kerja Videospin dan Movavi Video tampak sama, penempatan data disusun atas sejumlah *layer*, sedangkan pada Windows Live Movie Maker data yang terpilih langsung ditempatkan dalam satu area. Pada dasarnya cara kerja ketiganya sama dan data yang harus disiapkan gambar statis atau bergerak, teks untuk judul, audio, narasi, transisi dan musik.

Pengujian Aplikasi

Penilaian kualitas citra dapat dilakukan secara subjektif, penilaian ini memberikan hasil yang cepat dan mudah. Penilaian didasarkan pada penglihatan mata dan persepsi penilai, seperti tampak pada Tabel 1 (Andono, dkk., 2017). Sedangkan penilaian citra secara objektif dilakukan menggunakan perhitungan rumus, pengukuran didasarkan pada kesalahan statistik. Perbaikan kualitas citra dapat pula diaplikasikan dalam bidang pengolahan video (*video processing*), karena video adalah sekumpulan citra yang dijalankan secara sekuensial.

Tabel 1. Kebaikan citra

Skala kebaikan citra	Kualitas
Sangat baik (5)	Tidak terlihat kekurangannya
Baik (4)	Terlihat, tetapi tidak mengganggu
Sedang (3)	Terlihat, sedikit mengganggu
Buruk (2)	Mengganggu
Sangat buruk (1)	Sangat mengganggu

Perbaikan Kualitas Citra

Untuk melihat kualitas citra dalam video diperlukan tahapan berikut:

1. Membaca file video.
2. Mengekstrak seluruh *frame* citra yang menyusun video.

3. Melakukan operasi perbaikan kualitas citra pada setiap *frame*.
4. Menyatukan kembali *frame* citra yang telah diperbaiki kualitasnya dan menjalankannya secara sekuensial dalam bentuk video.

Pada penilaian didasarkan pada penglihatan mata, di sini hasil akan diujikan dengan cara memperlihatkan hasil video pada sekumpulan orang populasi (N) yang diwakili oleh sampel (n) orang. Dalam pengambilan sampel dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya metode *slovin*, dengan menggunakan metode yang tepat dapat menggambarkan populasi sesungguhnya yang akurat dan dapat menghemat biaya. Pada rumus *slovin* (Sevilla, 2007), diperlukan untuk menentukan jumlah sampel (n) dengan populasi (N) dalam penelitian. Dalam pengambilan sampel kalau terlalu kecil dikhawatirkan tidak menggambarkan populasi sesungguhnya. Supaya sampel yang diambil representatif maka sampel harus memiliki ciri karakteristik yang sama atau relatif sama dengan ciri karakteristik populasinya yaitu dengan menggunakan rumus (1)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- n : jumlah sampel
- N: jumlah populasi
- e : batas toleransi kesalahan (*error tolerance*)

Misal, populasi yang akan diteliti 150 dengan tingkat kesalahan 10%, maka jumlah sampel yang diperlukan adalah:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} = \frac{150}{1 + 150.(0.1)^2} = 60$$

jadi untuk populasi 150, sampel yang diambil 60.

Pengujian

Uji hipotesis menggunakan ANOVA mempunyai kelebihan antara lain (Walpole dan Myers, 1990):

1. Memudahkan analisa atas beberapa kelompok sampel yang berbeda dengan resiko kesalahan terkecil.
2. Mengetahui signifikansi perbedaan rata-rata (μ) antara kelompok sampel yang satu dengan yang lainnya. Walaupun demikian meskipun mem-

punyai perbedaan besar secara numeris, tetapi berdasar ANOVA perbedaan tersebut tidak signifikan sehingga μ dapat diabaikan. Sebaliknya secara numeris perbedaannya kecil secara numeris, namun secara analisa ANOVA perbedaan tersebut signifikan sehingga ada satu μ yang berbeda dan perbedaan antar kelompok sampel tidak dapat diabaikan.

Sebagai ilustrasi, uji ANOVA untuk membandingkan beberapa rata-rata dari populasi yang diwakili sampel secara bersama-sama hipotesis untuk tiga kelompok adalah:

$$H_0 : \mu_1 : \mu_2 : \mu_3$$

$$H_1 : \text{salah satu: } \mu \text{ tidak sama}$$

Pada hipotesis ini tidak menyebutkan μ yang berbeda satu dengan lainnya berarti μ yang tidak sama tidak menjadi masalah, maka uji ANOVA dapat digunakan untuk menganalisa sejumlah sampel dengan jumlah data sama pada setiap kelompok sampel atau berbeda. Dengan tingkat signifikansi atau batas toleransi kesalahan 10% maksudnya hanya ada kesalahan 0.01 atau 1% kebetulan terjadi. Hal ini menyatakan 99% penelitian benar. Untuk ilmu-ilmu sosial disepakati tingkat kesalahan 0.05 atau 5% yang berarti meyakini 95% penelitian benar.

Penggunaan uji ANOVA perlu memperhatikan asumsi yang harus dipenuhi, yaitu:

1. Independensi observasi, setiap observasi dalam analisis ANOVA harus bersifat independen.
2. Normalitas, residual atau *error* harus mengikuti distribusi normal.
3. Homoginitas varians, varians antara kelompok yang dibandingkan harus homogin.

Lebih dari sekedar membandingkan nilai *mean* (rata-rata), uji ANOVA juga mempertimbangkan keragaman data yang dimanifestasikan dalam nilai varians. Uji ANOVA banyak digunakan dalam penelitian eksperimen, maka uji ANOVA dikelompokkan sebagai berikut:

1. ANOVA satu arah dapat digunakan untuk menguji perbedaan di antara dua atau lebih kelompok dan hanya satu faktor yang dipertimbangkan.

2. ANOVA faktorial, merupakan pengembangan dari ANOVA satu arah, di sini terdapat lebih dari satu faktor dan mempertimbangkan interaksinya.
3. ANOVA *repeated measure* digunakan apabila dalam desain eksperimen memungkinkan subyek penelitian diikutsertakan pada perlakuan yang berbeda.
4. Multivariat ANOVA berbeda dengan uji ANOVA yang hanya mengukur satu respon, MANOVA mengukur lebih dari satu respon dalam satu kali eksperimen.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian, seperti pengetahuan tentang multimedia video, jenis penyimpanan file video atau format file video, media penyimpanan yang dapat digunakan, melakukan telaah mengenai pengertian video, mempelajari/mengamati *software* video Windows Live Movie Maker, VideoSpin (pinacle), dan Movavi Video pada resolusi yang digunakan yaitu 720x480. Untuk bahan penelitian dibuat video singkat kegiatan mahasiswa Jurusan Sistem Komputer IST AKPRIND.

Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui 4 tahapan, yaitu analisis kebutuhan, penyiapan data, implementasi, dan pengujian. Pada analisis kebutuhan dirinci kebutuhan yang akan dikerjakan seperti menentukan *software* yang akan digunakan, *frame rate*, *bit rate*, *audio*, tipe format video, dan penentuan tema video. Selanjutnya penyiapan data, data yang dimaksud adalah berupa gambar kegiatan, musik *background*, teks, dan narasi yang diperlukan. Pada tahap implementasi data yang sudah terkumpul disusun ke dalam *storyboard*. Terakhir dilakukan pengujian untuk membandingkan kualitas citra video pada tiga *software*. Dalam pembuatan video diperlukan proses penyiapan data, yaitu memilih atau menyunting gambar dari hasil *shooting* dengan cara memilih hasil *shooting*, selanjutnya dipotong atau menggabungkan gambar dan pemberian transisi di antara gambar. Dalam pembuatan video

perlu diperhatikan *grammar of the edit* seperti motivasi, informasi, komposisi, *continuity*, *tittling*, dan *sound*. Untuk memperjelas alur cerita gambar yang ditampilkan dapat diberikan informasi dengan komposisi gambar yang baik dan perlu diperhatikan kesinambungan antar gambar, pemilihan judul yang menarik serta pemilihan *sound* sesuai tema. Selain itu apabila data diambil dari kamera perlu diperhatikan gerakan kamera, *angle* atau sudut rekam kamera. Selanjut apabila data sudah diperoleh dan siap disusun maka diperlukan urutan penempatan objek seperti dalam *Timeline* Tabel 2. Untuk itu perlu disiapkan skenario alur cerita dan gambar statis atau bergerak yang diperlukan, transisi antar gambar, teks yang akan digunakan, audio sebagai *background*, dan narasi. Setelah pengisian *timeline* selesai dilanjutkan pemilihan format video. Untuk kasus dalam penelitian ini dibuat video salah satu kegiatan mahasiswa Jurusan Sistem Komputer (HIMAKOM) IST AKPRIND tahun 2016/2017 dan 2017/2018 berisi kegiatan lomba desain grafis, olah raga, mahasiswa baru, pelatihan *software* dalam bentuk foto-foto kegiatan yang selanjutnya disusun pada *timeline*. Penyusunan *script* tampak pada Tabel 3.

Tabel 2. *Timeline* penempatan objek

1. baris untuk penempatan gambar statis atau animasi dan transisi antar gambar
2. baris untuk pembuatan teks
3. baris untuk penempatan audio
4. baris untuk penempatan narasi

Tabel 3. Penyusunan *script*

No	Visual	Audio	Durasi
1	Logo HIMAKOM & institut	<i>instrument</i>	3 detik
2	Opening judul /tema	<i>instrument</i>	3 detik
3	Isi gambar-gambar dari awal hingga akhir	<i>dubbing peristiwa</i>	2.2 menit
4	Mengisi Transisi		
5	Isi <i>background</i> musik	<i>instrument</i>	
6	Narasi		

Perangkat lunak yang digunakan adalah Windows Live Movie Maker, Videospin, dan Movavi Video, video format NTSC, file type AVI, resolusi 720x480, rasio 4:3 pixel, aspek rasio D1 standar (0.09), *bit rate* 1500 kbps, *frame rate* 29,97fps dan

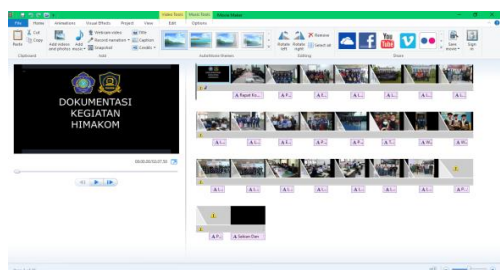
audio menggunakan *Channels Stereo*, *sample rate* 48.000HZ.

Rancangan Lembar Kerja

1. Windows Live Movie Maker

Gambar 4 adalah lembar kerja Windows Live Movie Maker. Pilihan pada pembuatan *movie/slide* adalah:

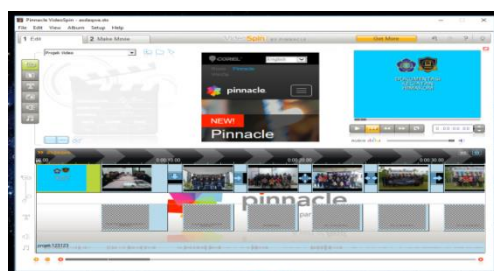
1. Penyimpanan ke CD, resolusi 720x480 pixel, aspek rasio *widescreen*, *bit rate* 2,99 Mbps, estimasi file 21.39 MB *per minute of video*.
2. Penyimpanan ke komputer, resolusi 720x480 pixel, aspek rasio standar, *bit rate* 5,69 Mbps, estimasi file 40.71 MB *per minute of video*.



Gambar 4. Lembar kerja Windows Live Movie Maker

2. Videospin

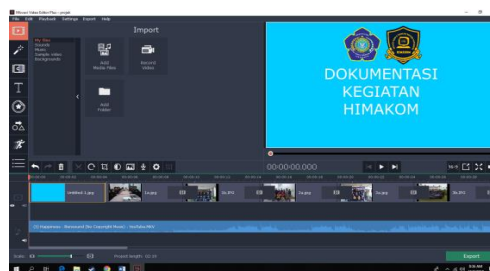
Pada pembuatan video dengan Videospin disusun video format NTSC, 29,97 fps, resolusi 720x480 *frame/sec*, rasio 4:3 pixel, *interlaced*. Lembar kerja Videospin ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Lembar kerja Videospin

3. Movavi Video

Lembar kerja pada Movavi Video ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Lembar kerja Movavi Video

Pengujian

Untuk mengetahui perbandingan kualitas citra tiga *software* menurut versi responden, dilakukan dengan cara memperlihatkan hasil video yang tersusun kepada responden yaitu 76 mahasiswa, selanjutnya responden mengisi kuisioner yang telah disusun. Sampel yang digunakan diambil menggunakan metode *slovin* dengan tingkat kesalahan 5%. Pengambilan sampel (*n*) dilakukan dengan rumus berikut:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

dimana:

n : jumlah sampel

N: jumlah populasi = 76

e : batas toleransi kesalahan (*error tolerance*) = 5%

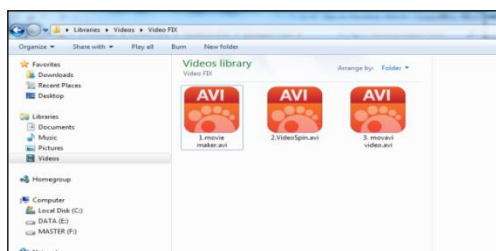
maka jumlah sampel yang diperlukan adalah:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} = \frac{76}{1 + 76 \cdot (0.1)^2} = 43 \text{ orang.}$$

Selanjutnya dilakukan analisis dengan uji ANOVA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil akhir dari pembuatan tiga video disimpan dengan ekstensi AVI dengan spesifikasi format video NTSC, *file type* AVI, resolusi 720x480, rasio 4:3 pixel, aspek rasio D1 standar (0.09), *bit rate* 1500 kbps, *frame rate* 29,97 fps, dengan audio *Channels Stereo*, *sample rate* 48.000 HZ, durasi 2.2 menit, seperti ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. File video pada tiga *software*

Halaman cover tiga video yang terbentuk tampak pada Gambar 8.



Gambar 8. Halaman cover video

Untuk analisis video yang dihasilkan dilakukan dengan cara membagikan kuisioner kepada responden mahasiswa Jurusan Sistem Komputer dan mahasiswa Jurusan Statistika IST AKPRIND dengan jumlah sampel 43 orang, usia rata-rata di atas 18 tahun, jumlah laki-laki 19 orang dan perempuan 24 orang. Selanjutnya hasil isian kuisioner direkap dan diolah menggunakan *software* SPSS dan uji ANOVA. Hasil analisis yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil kuisioner

Kriteria	Video 1	Video 2	Video 3
1. Tampilan gambar secara keseluruhan	85,359	79,359	89,2
2. <i>Brightness</i> kontras pada masing-masing gambar	83,179	78,359	88,103
3. Efek audio pada tampilan video	83	76,769	83,333

Keterangan:

Video 1 : Windows Live Movie Maker

Video 2 : VideoSpin

Video 3 : Movavi Video

Dari Tabel 4, tampak *software* Movavi Video mempunyai rata-rata lebih besar untuk ketiga komponen yang dianalisis. Selanjutnya dilakukan uji ANOVA untuk membuktikan apakah benar bahwa Movavi Video lebih baik.

Pengujian:

Dari hasil isian kuisioner 43 responden dilakukan uji ANOVA untuk mengetahui kualitas citra tiga *software* pada tampilan gambar secara keseluruhan, *brightness* kontras pada masing-masing gambar, dan efek audio. Hasilnya sebagai berikut:

1. Uji apakah ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal tampilan gambar secara keseluruhan.

Hipotesis:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (tidak ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal tampilan gambar secara keseluruhan).

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ (ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal tampilan gambar secara keseluruhan).

Taraf signifikansi: $\alpha = 0.05$.

Statistik uji (Gambar 9).

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	
Tampilan	Sphericity Assumed	1626.000	2	813.000	19.230	.000	.314
	Greenhouse-Geisser	1626.000	1.907	852.829	19.230	.000	.314
	Huynh-Feldt	1626.000	1.995	815.066	19.230	.000	.314
	Lower-bound	1626.000	1.000	1626.000	19.230	.000	.314
Error(Tampilan)	Sphericity Assumed	3551.333	84	42.278			
	Greenhouse-Geisser	3551.333	80.077	44.349			
	Huynh-Feldt	3551.333	83.787	42.385			
	Lower-bound	3551.333	42.000	84.558			

Gambar 9. Statistik uji (1)

Daerah kritis:

H_0 ditolak jika $p_{\text{value}} < \alpha$

Kesimpulan:

Karena $p_{\text{value}} = 0.000 < \alpha = 0.05$, maka H_0 ditolak. Artinya ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal tampilan gambar secara keseluruhan dengan tingkat kepercayaan 95%.

2. Uji apakah ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal *brightness* kontras pada masing-masing gambar.

Hipotesis:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (tidak ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal *brightness* kontras pada masing-masing gambar).

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ (ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal *brightness* kontras pada masing-masing gambar).

Taraf signifikansi: $\alpha = 0.05$.

Statistik uji (Gambar 10).

Measure: software							
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	
Tampilan	Sphericity Assumed	1679.132	2	839.566	21.013	.000	.333
	Greenhouse-Geisser	1679.132	1.933	868.490	21.013	.000	.333
	Huynh-Feldt	1679.132	2.000	839.566	21.013	.000	.333
	Lower-bound	1679.132	1.000	1679.132	21.013	.000	.333
Error(Tampilan)	Sphericity Assumed	3356.202	84	39.955			
	Greenhouse-Geisser	3356.202	81.203	41.331			
	Huynh-Feldt	3356.202	84.000	39.955			
	Lower-bound	3356.202	42.000	79.910			

Gambar 10. Statistik uji (2)

Daerah kritis:

H_0 ditolak jika $p_{value} < \alpha$

Kesimpulan:

Karena $p_{value} = 0.000 < \alpha = 0.05$, maka H_0 ditolak. Artinya ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal *brightness* kontras pada masing-masing gambar dengan tingkat kepercayaan 95%.

3. Uji apakah ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal efek audio pada tampilan ketiga video.

Hipotesis:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (tidak ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal efek audio pada tampilan ketiga video).

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ (ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal efek audio pada tampilan ketiga video).

Taraf signifikansi: $\alpha = 0.05$.

Statistik uji (Gambar 11).

Measure: software							
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	
Tampilan	Sphericity Assumed	967.085	2	483.543	19.061	.000	.312
	Greenhouse-Geisser	967.085	1.974	489.895	19.061	.000	.312
	Huynh-Feldt	967.085	2.000	483.543	19.061	.000	.312
	Lower-bound	967.085	1.000	967.085	19.061	.000	.312
Error(Tampilan)	Sphericity Assumed	2130.915	84	25.368			
	Greenhouse-Geisser	2130.915	82.911	25.701			
	Huynh-Feldt	2130.915	84.000	25.368			
	Lower-bound	2130.915	42.000	50.736			

Gambar 11. Statistik uji (3)

Daerah kritis:

H_0 ditolak jika $p_{value} < \alpha$.

Kesimpulan:

Karena $p_{value} = 0.000 < \alpha = 0.05$, maka H_0 ditolak. Artinya ada perbedaan rata-rata penilaian responden terhadap kualitas video jenis Windows Live Movie Maker, VideoSpin, dan Movavi Video dalam hal hal efek audio pada tampilan ketiga video dengan tingkat kepercayaan 95%.

4. Uji kualitas/efek video mana yang paling bagus dari ketiga jenis video Uji kualitas/efek video mana yang paling bagus dari ketiga jenis video pada tampilan gambar secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji kualitas/efek video pada tampilan gambar secara keseluruhan

(I) factor	(J) factor	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	5.093 [*]	1.524	.002	2.018	8.168
	3	-3.558 [*]	1.416	.016	-6.416	-7.700
2	1	-5.093 [*]	1.524	.002	-8.168	-2.018
	3	-8.651 [*]	1.254	.000	-11.181	-6.121
3	1	3.558 [*]	1.416	.016	.700	6.416
	2	8.651 [*]	1.254	.000	6.121	11.181

Based on estimated marginal means

^a. The mean difference is significant at the 0.5 level

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments)

Interpretasi:

Dari hasil output di atas dapat diketahui bahwa ada perbedaan rata-rata penilaian yang signifikan di setiap pasang jenis video. Video yang memiliki rata-rata penilaian tertinggi adalah Movavi Video. Dengan demikian Movavi Video signifikan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan video Windows Live Movie

Maker dan VideoSpin dalam hal tampilan gambar secara keseluruhan.

Uji kualitas *brightness kontras* pada masing-masing gambar ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Uji kualitas *brightness kontras* pada masing-masing gambar

(I) Factor 1	(J) factor 1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	4.372*	1.409	.003	1.528	7.216
	3	-4.465*	1.440	.003	-7.370	-1.560
2	1	-4.372*	1.409	.003	-7.216	-1.528
	3	-8.837*	1.232	.000	-11.323	-6.352
3	1	4.465*	1.440	.003	1.560	7.370
	2	8.837*	1.232	.000	6.352	11.323

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the 0.5 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant

Difference (equivalent to no adjustments).

Interpretasi

Dari hasil output di atas dapat diketahui bahwa ada perbedaan rata-rata penilaian yang signifikan di setiap pasang jenis video. Video yang memiliki rata-rata penilaian tertinggi adalah Movavi Video. Dengan demikian Movavi Video signifikan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan video Windows Live Movie Maker dan VideoSpin dalam hal *brightness kontras*.

Uji efek audio pada tampilan ketiga video ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Uji efek audio pada tampilan ketiga video

(I) factor1	(J) factor 1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	5.651*	1.041	.000	3.551	7.751
	3	-.302	1.071	.779	-2.463	1.859
2	1	-5.651*	1.041	.000	-7.751	-3.551
	3	-5.953*	1.145	.000	-8.263	-3.644
3	1	.302	1.071	.779	-1.859	2.463
	2	5.953*	1.145	.000	3.644	8.263

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the 05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons:

Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Interpretasi:

Dari hasil output di atas dapat diketahui bahwa ada perbedaan rata-rata penilaian yang signifikan di setiap pasang jenis video, kecuali Windows Live Movie Maker dan VideoSpin. Video yang memiliki rata-rata penilaian tertinggi adalah Movavi Video. Namun demikian video ini tidak signifikan berbeda dengan Windows Live Movie Maker.

KESIMPULAN

1. Dalam hal penggunaan, *software* Windows Live Movie Maker, Video-spin, Movavi Video untuk membuat video tidak terlalu sulit.
2. Data gambar statis atau bergerak perlu dipersiapkan dengan cermat agar hasil/video yang dibuat bagus.
3. Hasil kuisioner dari 43 responden diperoleh rata-rata responden menyukai *software* Movavi Video dengan nilai kualitas citra 89,2, ketajaman gambar 88,103, dan efek audio 83,333.
4. Hasil analisis ANOVA diperoleh hasil bahwa *software* Movavi Video juga lebih baik dibanding dua *software* lainnya yang diuji.
5. Hasil penilaian responden menyatakan bahwa *software* Movavi Video dianggap lebih jelas dan bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Andono, P. N., Sutojo, T., Muljono, 2017, *Pengolahan Citra Digital*, Andi offset Yogyakarta.
- Balamba M. K., 2017, Animasi 3 Dimensi Penyakit Jantung Koroner Pada Manusia, *Jurnal Tekno*, Vol. 11, No. 1, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Buchari M. Z., 2015, Rancang Bangun Video Animasi 3 Dimensi, untuk Mekanisme Pengujian Kendaraan Bermotor di Dinas Perhubungan, Kebudayaan, Pariwisata, Komunikasi dan Informasi, *Jurnal Tekno*, Vol. 6, No. 1, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Daryanto, T., 2005, *Sistem Multimedia dan Aplikasinya*, Graha Ilmu Yogyakarta.
- Edy, W. H., 2006. *Kompresi Video Menggunakan Discrete Cosine Transform*, Laboratorium Ilmu dan Reka-

- yasa Komputasi, Departemen Teknik Informatika, ITB Bandung.
- Jatmiko, Fiantika, F. R., 2017, *Sebuah Rekam Jejak Proses Pembuatan Perangkat Pembelajaran Berbasis Video Animasi 3D Portofolio Pendidikan Matematika*, Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Sevilla, C. G., 2007, *Research Methods*, Rex Printing Company Quezon City.
- Vaughan, T., 2006, *Multimedia making it Work*, Andi Offset Yogyakarta, Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Walpole, R. E. & Myers, R. H., 1980, *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, MacMillan Publishing Company, New York.

BIODATA PENULIS

- Dra. Harmastuti, M.Kom.**, lahir di Sragen pada tanggal 22 September 1959, menyelesaikan pendidikan S1 program studi Matematika dari Universitas Gadjah Mada tahun 1987 dan S2 program studi Ilmu Komputer dari Universitas Gadjah Mada tahun 2001. Saat ini tercatat sebagai dosen tetap Prodi Sistem Komputer IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat ilmu komputer dan matematika terapan.
- Dra. Dwi Setyowati, M.T.**, lahir di Sragen pada tanggal 22 Juli 1959, menyelesaikan pendidikan S1 program studi Fisika dari Universitas Gadjah Mada tahun 1987 dan S2 program studi Teknik Elektro dari Universitas Gadjah Mada tahun 2002. Saat ini tercatat sebagai dosen tetap Prodi Sistem Komputer IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat sistem komputer.
- Panggih Cahyo Prasetyo**, tercatat sebagai mahasiswa program studi Sistem Komputer jenjang sarjana di IST AKPRIND Yogyakarta.
- Mahendra Kurnia Widhiatmoko**, tercatat sebagai mahasiswa program studi Sistem Komputer jenjang sarjana di IST AKPRIND Yogyakarta.