

Analisis Forensik Citra CCTV Menggunakan Bilinear Interpolasi dan Adaptive Median Filter

Luthfi Amalia Zain ^{a,1,*}, Nuril Anwar ^{b,2}

^{a,b} Program Studi Informatika Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Tamanan, Bantul, Yogyakarta, dan 55191, Indonesia

¹ luthfiamaliazain@gmail.com; ² nurilanwar@tif.uad.ac.id

* Penulis Korespondensi

ABSTRAK

Banyak ditemukan kejahatan konvensional yang ditemukan di masyarakat yang terekam kamera CCTV. CCTV merupakan salah satu perangkat digital yang paling umum dalam menyediakan *digital evidence* untuk keperluan analisis forensik. *Digital evidence* pada dasarnya sangat rentan untuk dimodifikasi. Hasil tangkapan rekaman kamera CCTV banyak dijadikan sebagai alat bukti digital, namun hasil tangkapan layar yang diperbesar berpotensi mengakibatkan gambar menjadi kabur. Penelitian ini bertujuan melakukan proses analisis bukti digital dan perbaikan kualitas rekaman *video* CCTV. Analisis dilakukan dengan metode *National Institute of Justice* yang merekomendasikan tahapan dasar forensik yaitu persiapan, koleksi, pemeriksaan, analisis, dan pelaporan. Proses *resizing* dilakukan dengan metode *Bilinear Interpolasi* dan proses *filtering* dilakukan dengan menerapkan metode *Adaptif Median Filter*. Hasil analisis menunjukkan nilai *hash* MD5 dan SHA1 pada PHYSICALDRIVE2 dan BB-001.001 adalah cocok. Kapasitas dan durasi rekaman *video* CCTV pada metadata memiliki hasil yang sesuai dengan aslinya. Nilai MSE hasil metode *Bilinear Interpolasi* sebesar 461,3762 dan nilai MSE hasil metode *Adaptif Median Filter* sebesar 447,2479. Nilai *Hash* yang sama menunjukkan integritas *digital evidence* dan penurunan nilai MSE sebesar 14,1283 yang menunjukkan terjadi peningkatan kualitas dari gambar.



Kata Kunci

Adaptif Median Filter
Bilinear Interpolasi
CCTV
Forensik Digital
National Institute of Justice



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. Pendahuluan

Indonesia mengalami kenaikan tingkat kejahatan sebesar 16,16 persen atau sebesar 442 kasus pada pekan ke-22 tahun 2020 [1]. Peningkatan kejahatan yang dialami, antara lain yaitu pencurian dengan kekerasan (pencopetan atau perampokan) dan pencurian dengan kendaraan bermotor. Kejahatan didominasi kejahatan jalanan atau *street crime* [1]. Dibutuhkan peningkatan keamanan untuk menjaga ketentraman masyarakat terutama di titik-titik rawan kejahatan. Salah satu sistem keamanan yang sering digunakan oleh masyarakat adalah CCTV (*closed-circuit television*) karena dapat merekam setiap aktivitas seperti kejahatan.

CCTV adalah kamera yang dipasang untuk merekam *video* atau gambar bergerak dimana perangkat dipasang [2]. Perusahaan, perkantoran dan tempat umum lainnya banyak menggunakan CCTV. Salah satu bentuk penggunaan CCTV bertujuan untuk menangkap aktivitas dan mencegah kejahatan [3]. *Digital evidence* yang paling umum digunakan untuk keperluan analisis forensik antara lain adalah CCTV [4]. Keberadaan CCTV dapat digunakan sebagai acuan oleh penegak hukum dalam mengenali pelaku dan mendapatkan informasi lebih lanjut mengenai pelaku [5].

CCTV juga dapat diterapkan pada *Electronic Traffic Law Enforcement* sebagai bukti pelanggaran untuk penilangan kendaraan yang melakukan pelanggaran [6]. Bukti pelanggaran berupa plat nomor motor yang tertangkap kamera CCTV. Plat nomor motor memiliki warna dasar hitam dengan tulisan warna putih. Kesalahan membaca plat nomor motor sering terjadi pada plat nomor motor dengan dasar hitam dan



tulisan putih karena kamera memiliki sifat menyerap warna hitam. Bentuk kesalahan yang terjadi yaitu angka '1' kadang terbaca sebagai huruf 'T' atau sebaliknya.

Warna dasar dan tulisan pada plat nomor motor berpengaruh pada hasil tangkapan kamera CCTV [7]. Perubahan warna plat motor dilakukan untuk memperkecil tingkat kesalahan kamera dalam mengidentifikasi plat nomor motor di jalan. Warna dasar plat nomor motor dirubah dari warna dasar hitam menjadi putih dengan tulisan putih menjadi hitam. Perubahan warna plat tercantum pada Pasal 45 Peraturan Kepolisian Nomor 7 2021 yang berisi "TNBK sebagaimana dimaksud dalam pasal 44 Ayat (1) berwarna dasar: Putih, tulisan hitam untuk ranmor perseorangan, badan hukum, PNA dan Badan Internasional". Selain mengaktifkan tilang elektronik melalui CCTV, penggantian warna plat nomor motor digunakan untuk menangkap bukti pendukung tindak kriminal, kecelakaan, dan kejahatan yang terjadi di lalu lintas.

Rekaman *video* CCTV memiliki kualitas yang berbeda-beda tergantung dengan kualitas dan fasilitas dari CCTV. Selain itu, hasil rekaman *video* CCTV dapat dipengaruhi cahaya dari area dan ruang dimana kamera diletakkan. Hasil rekaman *video* CCTV hanya akan memperlihatkan objek yang terdapat cahaya dan gelap pada bagian yang tidak terdapat cahaya [8]. Kualitas dari rekaman CCTV adalah masalah utama dalam analisis forensik [9]. Hasil rekaman CCTV yang memiliki kualitas rendah akan menghasilkan rekaman yang kurang jelas, sehingga CCTV tidak akan efektif dalam fungsi pembuktian. Penggunaan CCTV yang memiliki kualitas rendah hanya dapat memiliki satu fungsi optimal, yaitu sebagai pencegahan. Hasil rekaman CCTV yang memiliki kualitas rendah apabila diperbesar (*zooming*) maka menghasilkan efek *aliasing* yaitu ditemukan garis tepi (*jaggies*) atau efek blur (*blurring effects*) [10]. Peningkatan kualitas citra harus dilakukan untuk memperjelas informasi dan melanjutkan identifikasi terkait suatu kejadian.

Rekaman *video* CCTV yang memiliki resolusi rendah, maka kualitas gambar CCTV memiliki resolusi yang sama. Proses mendapatkan informasi yang lebih jelas berdasarkan hasil gambar CCTV perlu dilakukan *cropping* pada bagian objek. Dari hasil *cropping* dilakukan *zooming* untuk memperbesar hasil *cropping*. Proses melakukan *zooming* dapat dilakukan menggunakan metode Bilinear Interpolasi karena dapat mengisi pixel kosong berdasarkan pixel di sekelilingnya. Hasil citra yang mengalami *zooming* akan memiliki efek kabur. Maka untuk mempertajam gambar hasil *zooming* agar informasi yang terdapat dalam gambar lebih jelas maka perlu dilakukan proses *filtering* untuk menghasilkan gambar dengan kualitas yang lebih bagus.

2. Metode

Data penelitian yang digunakan berupa rekaman *video* CCTV yang berisi skenario kasus yang telah dilakukan simulasi untuk digunakan dalam penelitian, metode yang digunakan untuk pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu:

2.1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mengetahui kegiatan penelitian terdahulu. Metode ini dilakukan untuk mengkaji buku, jurnal, terkait implementasi metode Bilinear Interpolasi dan Adaptif Median Filter dalam menganalisis rekaman *video* CCTV.

2.2. Simulasi Kasus

Tahap simulasi kasus merupakan tahapan kamera CCTV menangkap simulasi kasus yang dilakukan. Simulasi kasus berfungsi memperoleh informasi data rekaman *video* CCTV dan melakukan pengujian untuk memperoleh metadata. Simulasi skenario kasus dilakukan di sebuah sekolah yang terdapat kamera CCTV pada sudut depan sekolah. Terlihat sudut kamera CCTV untuk melakukan skenario simulasi kasus pada Gambar 1.



Gambar 1. Sudut kamera CCTV

2.3. Dokumentasi Waktu

Tahap dokumentasi waktu dilakukan untuk mencatat hasil temuan selama proses pengumpulan barang bukti berupa *time display* atau catatan waktu terampil. Dokumen ini bertujuan untuk memastikan waktu kejadian yang bersangkutan. Ilustrasi pencatatan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu kejadian

<i>Time Display</i>	Keterangan
Waktu Kejadian	11/10/2021
Pukul	12.37.49 – 12.39.03

2.4. Dokumentasi Alat Rekam

Tahap dokumentasi alat rekam dilakukan untuk mencatat kakas yang digunakan selama pelaksanaan penelitian. Kakas ini merupakan kamera *stand alone* dengan jenis DVR. Informasi kakas yang digunakan dalam penelitian ditampilkan Tabel 2.

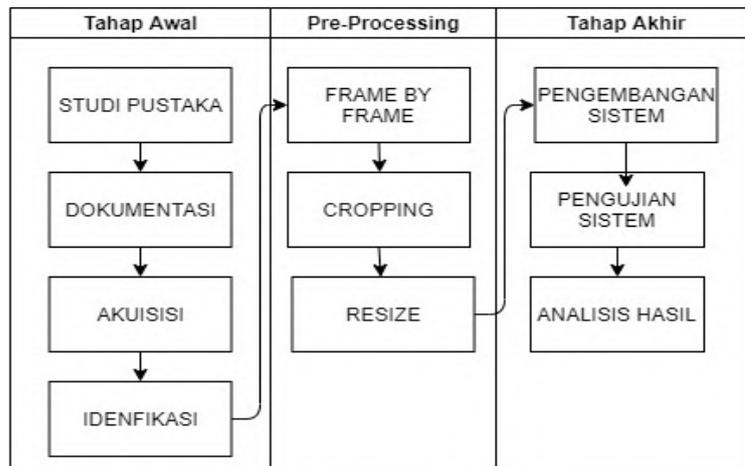
Tabel 2. Informasi Alat Rekam

Informasi	Versi
System	V4.000.0000002.11
Build Date	2019-08-29
Mac Address	08ceded0161db
Serial Number	5L01AB7PAZ3C018
Record Channel	16
Status	Online

2.4. Akuisisi Data

Akuisisi data dilakukan untuk mendapatkan data berupa rekaman *video* CCTV yang akan digunakan dalam penelitian. Dalam multimedia forensik, hasil rekaman *video* CCTV di-ekstrak menjadi frame gambar dengan format *.JPG. Dalam satu detik rekaman video akan menghasilkan 25 sampai 30 frame atau rangkaian gambar.

Penelitian ini terdiri dari 3 tahap yaitu tahap awal yang terdiri dari studi pustaka, dokumentasi, akuisisi, dan identifikasi, tahap *preprocessing* yang terdiri dari akuisisi data berupa *frame by frame*, *cropping* dan *resizing*, dan tahap akhir terdiri dari pengembangan sistem, pengujian sistem dan analisis hasil. Ilustrasi tahapan penelitian ditampilkan Gambar 2.



Gambar 2. Tahap Penelitian

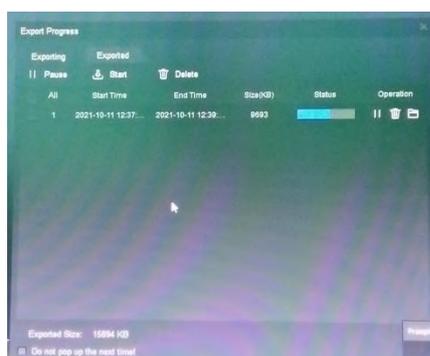
3. Hasil dan Pembahasan

Tahap simulasi kasus adalah tahapan dilaksanakannya simulasi dari skenario kasus yang tertangkap oleh kamera CCTV. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai video rekaman CCTV dan bertujuan untuk melakukan pengujian terhadap hasil rekaman video CCTV. Simulasi skenario kasus dilakukan di sekolah yang terdapat kamera CCTV pada sudut depan sekolah. Skenario yang digunakan dalam simulasi merupakan kasus pencurian motor. Simulasi dilakukan dengan meletakkan motor pada posisi sudut dimana kamera CCTV merekam. Oknum memasuki halaman sekolah dengan mengawasi keadaan sekitar untuk memastikan situasi aman dan melakukan aksinya. Pada tangkapan hasil rekaman video CCTV, terlihat kronologi yang tertangkap CCTV terdapat oknum sedang melangsungkan aksinya seperti ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kronologi Isi Video

Tahap akuisisi dilakukan pada *digital evidence* dalam pembuatan salinan dan dokumentasi berdasarkan skenario kasus yang digunakan dalam penelitian. Pada tahap ini dilakukan akuisisi terhadap rekaman CCTV. Simulasi kasus video rekaman CCTV di *export* dengan ekstensi file *.avi, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Export File Rekaman CCTV

File hasil dari ekstraksi disimpan pada *flashdisk* untuk selanjutnya dilakukan *imaging*. Proses *imaging* dilakukan dengan menggunakan salah satu kakas forensik yaitu FTK Imager. Kakas Write Blocker juga harus diaktifkan untuk menjaga integritas data. Proses *imaging* pada *flashdisk* dilakukan secara *physical* (*sector per sector* atau *bit-stream copy*) sehingga hasil *imaging* akan sama persis dengan barang bukti secara *physical*. File hasil *imaging* disimpan dengan ekstensi *.dd dengan nama BB-001.dd. Proses *imaging* pada media penyimpanan *flashdisk* menghasilkan informasi detail dari proses yang berlangsung. Detail informasi hasil dari *imaging* pada *flashdisk* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Detail Akuisisi Flashdisk

Nama		BB-001.001
Type Source		Physical
Waktu Akuisisi	Start	Tue Oct 12 13:28:17 2021
	End	Tue Oct 12 13:32:28 2021
Hash	MD5	4367c5c9f63d6ea4575822b20d31882f
	SHA1	c913765acfc5893e41d8598a3dcc73c0c5d51caa
Sector Count		7864320
Tools		AccessData® FTK® Imager 4.3.1.1

Tahap identifikasi forensik diawali dengan kamera CCTV yang digunakan sebagai penangkap gambar bergerak (video). Informasi mengenai alat rekam yang digunakan dengan mengetahui tipe kamera CCTV dan sudut dimana CCTV dipasang. Label alat bukti digital diperoleh sebuah rekaman kamera CCTV dengan jenis kamera yang digunakan berupa alat rekam berjenis *Stand Alone* dengan serial number yang didapat pada Table 4.

Tabel 4. Tipe kamera

Tipe	Keterangan
Jenis	DVR
Merek	Dahua
Serial Number	5L01AB7PAZ3C018

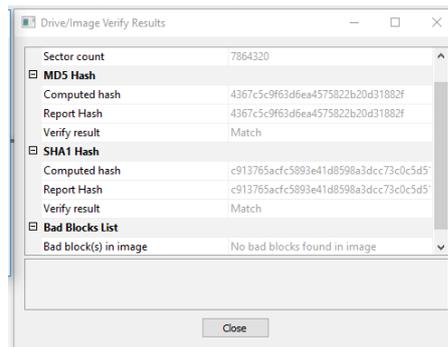
Alat rekam yang digunakan merupakan bentuk kamera elektronik dengan jenis *Stand Alone* DVR yang difungsikan untuk menangkap gambar bergerak (video) dalam ekstensi digital ke HHD. Setelah proses identifikasi jenis kamera, selanjutnya mencari informasi mengenai DVR terkait DVR yang disandingkan dengan fitur CCTV.

Tabel 5. Fitur CCTV

Fitur	Keterangan
Multiplexer	16
Network Terhubung	Terhubung
Transactional Data	USB
Penyimpanan	HDD 1862.95 GB

Setelah mengidentifikasi dan pelabelan barang bukti, hal yang paling utama ialah melakukan *hashing*. Dimana *hashing* dilakukan untuk menjaga integritas data dari bukti digital yang telah diperoleh.

Originalitas barang bukti adalah tahap awal untuk memverifikasi kesamaan nilai *hash* yang didapat dari *file* yang dianalisis dengan *file* yang asli. Dalam menjamin keaslian hasil dari *imaging flashdisk*, maka dilakukan perbandingan nilai *hash* dari *file* hasil *imaging* dengan *file* asli untuk memverifikasi kecocokan dari kedua *file* tersebut. Hasil dari verifikasi hasil *imaging flashdisk* ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Detail Verifikasi Akuisisi

Selanjutnya setelah identifikasi seputar alat rekam dan mendapatkan nilai *hash* ialah menganalisis metadata yang diperoleh dari kamera CCTV yang berupa *file* rekaman. Kakas forensik yang digunakan dalam proses pegujian metadata yaitu MediaInfo. Pengujian dilakukan untuk memperoleh informasi rekaman secara mendetail seperti header, isi, dan footer.

Informasi umum yang diperoleh dari pengujian metadata menggunakan kakas forensik Media Info terkait data pada video tentang file nama dengan hasil 192.168.3.11_ch1-xxx.avi (*Audio Video Interleave*) dengan ukuran 14.7 MiB, durasi 1 menit 14 detik, dan memiliki overall bit rate 1668 kb/s. Hasil proses identifikasi umum file ditampilkan Gambar 6.



Gambar 6. Informasi Umum Video

Setelah mendapatkan informasi umum, selanjutnya melakukan kompres *video* yang berisi codec dalam format *hev1* dengan resolusi 1920 x 1060 piksel dan frame rate 15.000 FPS. Hasil pengukuran *stream* yang dihasilkan sebagai informasi umum tentang konten konten ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Informasi Codec Video

Setelah mendapatkan informasi umum dari metadata codec *video*, selanjutnya mendapatkan format codec (*compression/decompression*) yang terdapat pada codec *audio*, yaitu mono maupun stereo yang dapat ditentukan oleh *channel* untuk ukuran stream serta jenis dari *audio*. Ekstraksi memperoleh informasi *audio* dengan format PCM (*pulse-code modulation*) yang menjelaskan langkah kualitas data yang diperlukan untuk rasio sinyal terhadap *noise* atau sinyal-sinyal yang tidak diinginkan dalam suatu sistem informasi. Hasil informasi audio ditampilkan Gambar 8.



Gambar 8. Informasi Codec Audio

Selain informasi mengenai codec *audio* dari informasi metadata *video*, diidentifikasi informasi *live* data mengenai informasi *timestamps*. Informasi yang didapat dari metadata rekaman *video* CCTV berupa catatan waktu dari rekaman kamera CCTV seperti waktu kejadian file rekaman dilakukan, waktu terjadi proses modifikasi yang tercatat dalam sistem. Catatan waktu yang diperoleh sesuai dengan waktu yang tercatat data dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Informasi Timestamp

Pada Gambar 9. Informasi Timestamp yang didapatkan berupa informasi *creation date* 11-10-2021 pukul 14:06:33 dengan keterangan informasi kejadian saat simulasi kasus berlangsung. Selanjutnya, *modification date* 11-10-2021 pukul 14:06:34 dengan keterangan waktu berdasarkan file tersebut.

Pada tahap *pre-processing* dilakukan 3 proses yakni *frame by frame*, *cropping*, dan *resizing*. *Video* rekaman CCTV yang telah dilakukan pengujian metadata dilakukan ekstrak *video* menjadi beberapa *frame* untuk mengetahui beberapa informasi atau hal-hal yang dicurigai untuk memperkuat penyelidikan yang terdapat pada *video* rekaman CCTV. Dalam proses ini *video* rekaman CCTV di-ekstrak menjadi *frame/image*. *Image* yang dihasilkan dilakukan sebuah rekayasa sederhana melalui proses *cropping* pada objek yang terdapat plat nomor motor. *Frame* yang digunakan pada frame ke25 seperti ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Cropping

Nama frame	F25.jpg
Frame Asli	Hasil Cropping
Resolusi 1920 x 1080	Resolusi 231 x 113
Size 528 KB	Size 11 KB
	

Selanjutnya, setelah melakukan *cropping*, *frame* hasil *cropping* akan dilakukan rekayasa sederhana melalui proses *resizing*. Proses *resizing* dilakukan dengan menggunakan bantuan kakas forensik AmpedFIVE dengan tujuan untuk memperbesar ukuran *frame*. Ukuran *zoom* yang digunakan yaitu 2, 3, dan 4 dengan menggunakan metode Bilinear Interpolasi untuk diterapkan pada *frame*. Hasil proses *resizing* ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Bilinear Interpolasi

Zoom	Hasil Cropping	Hasil Super Resolution	Hasil Bilinear Interpolasi
2	 Resolusi 231 x 113 Size 11 KB	 Resolusi 455 x 259 Size 25 KB	 Resolusi 910 X 518 Size 56 KB
3	 Resolusi 231 x 113 Size 11 KB	 Resolusi 455 x 259 Size 25 KB	 Resolusi 1356 X 777 Size 105
4	 Resolusi 231 x 113 Size 11 KB	 Resolusi 455 x 259 Size 25 KB	 Resolusi 1820 X 1036 Size 151 KB

Proses pengujian metode Adaptif Median Filter diimplementasikan menggunakan kaskas Matlab. Perhitungan nilai MSE dapat dihitung berdasarkan gambar yang telah dilakukan perubahan *grayscale* dan *image noise*. Nilai MSE dihitung untuk mengetahui peningkatan kualitas citra yang dihasilkan dari kedua metode. Hasil dari perbaikan kualitas dan perhitungan nilai MSE ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Adaptif Median Filter.

Hasil	MSE
Hasil Adaptif Median Filter 	MSE 458.0552

Selanjutnya analisis hasil yang merupakan laporan terperinci yang diambil saat pengujian dengan bukti yang dianalisis. Pelaksanaan skenario kasus yang terdapat pada Tabel 1. dan Waktu kejadian dibuktikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Waktu Kejadian

Terlihat pada Gambar 10. bahwa skenario kasus direkam pada 11 Oktober 2021 yang tertera dalam *video*. Berdasarkan Tabel 1., menunjukkan tidak terjadinya modifikasi pada video rekaman CCTV yang berarti *video* rekaman CCTV dapat terbukti asli dari sumbernya.

Keaslian dari suatu *digital evidence* dapat dibuktikan dengan nilai *hash* yang diperoleh. Dalam menjamin keaslian hasil dari *imaging flashdisk*, maka hasil *imaging* dengan file asli *flashdisk* dilakukan perbandingan nilai *hash* kedua *file* tersebut untuk memverifikasi keaslian. Verifikasi dari kedua *file* tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Verifikasi

Nama		Hash	Keterangan
PHYSICALDRIVE2	MD5	4367c5c9f63d6ea4575822b20d31882f	COCOK
	SHA1	c913765acfc5893e41d8598a3dcc73c0c5d51caa	
BB-001.001	MD5	4367c5c9f63d6ea4575822b20d31882f	
	SHA1	c913765acfc5893e41d8598a3dcc73c0c5d51caa	

Berdasarkan Tabel 9. nilai *hash* yang didapat PHYSICALDRIVE2 dan BB-001.001 dengan algoritma MD5 adalah 4367c5c9f63d6ea4575822b20d31882f. Nilai *hash* yang dihasilkan PHYSICALDRIVE2 dan BB-001.001 dengan algoritma SHA1 = c913765acfc5893e41d8598a3dcc73c0c5d51caa. Berdasarkan data kedua nilai *hash* yang dihasilkan menunjukan bahwa tidak terjadi perubahan sehingga keaslian dari *file imaging* masih terjaga.

Hasil analisis metadata rekaman CCTV dan pengujian diperoleh bukti digital dari informasi metadata yang diperoleh dari hasil perekaman *video* kamera CCTV telah berhasil menjaga dan memastikan integritas bukti teknis proses perekaman bukti digital dan kronologis. Hasil analisis ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Analisa Metadata

No	Identifikasi	Keterangan
1	Seputar Tipe Alat Rekam	CCTV Stand Alone DVR
2	Info file	Waktu Kejadian 2021:11:10 Nama Rekaman 192.168.3.11_ch1_20211011 123752_20211011123903.avi Format File AVI Durasi 00:01:14
3	Serial Number	5L01AB7PAZ3C018
4	Kualitas Video	Default
5	Frame Rate	15000 FPS
6	Frame Record Size	Width x Height=1920 x 1080
7	Kapasitas	14.7 MB
8	Modification Date	Date/Time Actual 11-10-2021 pukul 14:06:34
9	Record Channel	Channel 1

Berdasarkan Tabel 10, terlihat *video* rekaman CCTV yang diperoleh terekam pada Channel 1 yang memiliki kapasitas sebesar 14.7 MB dengan durasi 1 menit 14 detik. Sesuai dengan data yang diperoleh berarti bahwa *video* belum mengalami perubahan kenaikan atau penurunan kapasitas dan durasi.

Setelah hasil analisis metadata, telah dilakukan pengujian perbaikan kualitas citra hasil ekstrak *video* rekaman CCTV yang telah melalui proses rekayasa sederhana untuk mengetahui efektivitas metode Bilinear Interpolasi dan Adaptif Median Filter dalam reduksi noise salt & pepper. Perbaikan kualitas sebuah citra dapat diketahui dengan perbandingan nilai hasil MSE.

Tabel 11. Analisa Nilai MSE

	Hasil	Resolusi dan Size
Hasil Bilinear Interpolasi		MSE 461.3762
Hasil Adaptif Median Filter		MSE 447.2479

Berdasarkan Tabel 11, hasil dari Bilinear Interpolasi dan Adaptif Median Filter tampak sama, hanya terdapat perubahan warna dan resolusi yang dihasilkan sama. Perubahan yang terjadi terdapat pada *size* citra. Berdasarkan nilai MSE yang dihasilkan menunjukkan hasil yang berbeda. Jika nilai hasil MSE pada metode Adaptif Median Filter lebih kecil artinya hasil *filtering* metode Adaptif Median Filter mengalami peningkatan kualitas. Hasilnya dapat dilihat pada hasil Bilinear Interpolasi dengan hasil MSE = 461,3762. Hasil Adaptif Median Filter dengan hasil MSE = 447,2479. Hasil analisis menunjukkan terjadi penurunan hasil MSE sebesar 14,1283 yang menunjukkan bahwa terbentuk perbaikan kualitas citra.

4. Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan nilai hash MD5 dan SHA1 pada PHYSICALDRIVE2 dan BB-001.001 adalah cocok. Kapasitas dan durasi video rekaman CCTV pada metadata memiliki hasil yang sesuai dengan asli. Nilai MSE hasil metode Bilinear Interpolasi sebesar 461,3762 dan nilai MSE hasil metode Adaptif Median Filter sebesar 447,2479. Nilai hash yang sama menunjukkan integritas *digital evidence* dan penurunan nilai MSE sebesar 14,1283 menunjukkan peningkatan kualitas dari gambar.

Daftar Pustaka

- [1] Koran Kompas, "Polri: Angka Kejahatan di Indonesia Naik 16,16 Persen," *Koran Nasional Kompas*, Jakarta, Jun. 04, 2020.
- [2] S. Aripin and N. A. Hasibuan, "Penerapan Metode Interpolasi Linier dan Metode Adaptive Median Filter untuk Perbaikan Kualitas Citra pada Hasil CCTV," *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*, vol. 1, p. 854, Sep. 2019, doi: 10.30645/senaris.v1i0.92.
- [3] M. I. Kurniawan, U. Sunarya, and R. Tulloh, "Internet of Things : Sistem Keamanan Rumah berbasis Raspberry Pi dan Telegram Messenger," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 6, no. 1, p. 1, Apr. 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i1.1.
- [4] D. Mualfah and R. A. Ramadhan, "Analisis Forensik Metadata Kamera CCTV Sebagai Alat Bukti Digital," *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 11, no. 2, pp. 257–267, Nov. 2020, doi: 10.31849/digitalzone.v11i2.5174.
- [5] Ida Bagus Gede Angga Juniarta, "Legalitas Rekaman Circuit Closed Television (CCTV) Dalam Proses Pembuktian di Persidangan," *Jurnal Magister Hukum Udayana (Udayana Master Law Journal)*, vol. 7, no. 1, pp. 36–50, May 2018.

- [6] Y. Yuliantoro and A. Sulchan, "The Effectiveness against Traffic Violations with Electronic Traffic Law Enforcement (ETLE)," *Law Development Journal*, vol. 3, no. 4, p. 736, Dec. 2021, doi: 10.30659/ldj.3.4.736-742.
- [7] A. Fadlullah, D. Harto, and A. Kurniawati, "Pengukuran Kinerja Pustaka OpenALPR untuk Mengidentifikasi Secara Otomatis Citra Real-time Plat Nomor Kendaraan Indonesia," *Jurnal Informatika Upgris*, vol. 6, no. 2, Jan. 2021, doi: 10.26877/jiu.v6i2.6570.
- [8] H. Nugroho, "Image Enhancement Pada Screen Capture CCTV Dengan Menggunakan Metode Histogram EKualisasi," *KINETIK*, vol. 2, no. 2, p. 99, May 2017, doi: 10.22219/kinetik.v2i2.155.
- [9] Phie Chyan, Adi Chandra Syarif, Sean Coonery Sumarta, and Fransiskus Eduardus Daromes, "Desain Model Sistem Keamanan Berbasis Kamera Dengan Image Enhancement Algorithm," *Jurnal Riset Komputer*, vol. 5, no. 4, pp. 390–396, Aug. 2018.
- [10] H. Nugroho, M. Hakimah, and A. W. Azinar, "Image Enhancement Citra Zoom Dengan Menggunakan Metode Bilinear Interpolation Dari Kamera Webcam," *Network Engineering Research Operation*, vol. 4, no. 2, May 2019, doi: 10.21107/nero.v4i2.125.