

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Video Digital

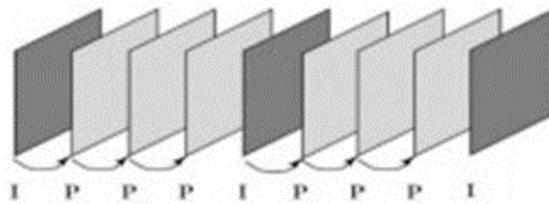
Video digital merujuk kepada proses menangkap, memanipulasi, dan menyimpan citra bergerak yang bisa ditampilkan pada sebuah layar komputer. Dalam proses ini citra yang bergerak tersebut ditangani secara digital oleh komputer. Kata digital sendiri memiliki makna teknologi elektronik yang mampu menghasilkan, menyimpan, maupun memproses data yang direpresentasikan oleh angka biner, 0 dan 1. Teknologi digital sudah menjadi kebutuhan utama dalam media komunikasi, salah satunya dalam bentuk video digital. (Alam et al., 2019).

Video pada dasarnya merupakan array tiga dimensi, dimana dua dimensi di dalamnya digunakan untuk menggambarkan ruang pergerakan citra (spatial) dan satu dimensi sisanya menggambarkan waktu. Video digital pertama kali diperkenalkan secara komersial pada tahun 1986 dengan format Sony D1 yang terus mengalami perkembangan baik dalam hal kompresi maupun media penyimpanan dan penayangannya dari berupa Televisi dan VHS, Camcoder dan optical disc, hingga streaming dan cloud. (Alam et al., 2019)

2.1.1 Frame

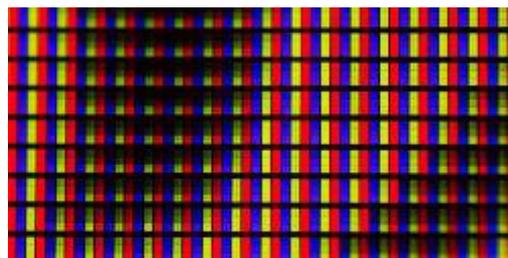
Pada dasarnya Video digital tersusun atas serangkaian *frame*. Rangkaian *frame* ditampilkan pada layar dengan kecepatan tertentu, bergantung pada laju *frame* (*frame rate*) yang diberikan dalam *frame*/detik terlihat pada Gambar 2.1. jika

laju *frame* cukup tinggi, mata manusia tidak dapat menangkap gambar per *frame*, melainkan menangkapnya sebagai rangkaian yang kontinyu (Rao, 2016).



Gambar 2.1 Rangkaian *Frame*

Masing-masing *frame* merupakan gambar/citra (image) digital. Suatu image digital dipresentasikan dengan sebuah matriks yang masing-masing elemennya merepresentasikan nilai intensitas. Jika I adalah matriks dua dimensi, $I(x,y)$ adalah nilai intensitas yang sesuai pada posisi baris x dan kolom y pada matriks tersebut. Pada Gambar 2.2 terlihat Titik-titik ditempat image di-sampling disebut picture elements, atau sering dikenal sebagai piksel (pixel). (Abujabbar, 2019).



Gambar 2.2 *Pixel*

2.1.2 Resolusi

Resolusi (resolution) atau dimensi *frame* (*frame* dimension) adalah ukuran sebuah *frame*. Resolusi dinyatakan pixel x pixel yang muncul sebagai blok persegi dengan tepi yang terlihat ketika video dijeda. Semakin tinggi resolusi, semakin kecil blok-blok itu maka akan mendapatkan kualitas video final yang lebih baik serta detail. Namun, resolusi yang tinggi akan mengakibatkan jumlah bit yang diperlukan untuk menyimpan atau mentransmisikannya meningkat (Yonata, 2019).



Gambar 2.3 Perbandingan Resolusi

(Sumber : <https://www.youtube.com/video-resolution-difference-480p-720p-1080p-videos/27912>)

Pada Gambar 2.3 terdapat perbandingan tiga *frame* dengan resolusi yang berbeda. Dimulai dari sebelah kiri memiliki resolusi 480p (858 *pixel* x 480 *pixel*), 720p (1280 *pixel* x 720 *pixel*) atau *Half HD (High Definition)* dan 1080p (1920 *pixel* x 1080 *pixel*) atau *Full HD*.

2.1.3 Bit

Kedalaman *bit (bit depth)* menentukan jumlah *bit* yang digunakan untuk merepresentasikan setiap *pixel* pada sebuah *frame*. Kedalaman *bit* dinyatakan dalam *bit/pixel*. Laju *bit (bit rate)* dinyatakan dalam banyaknya *bit* yang diproses setiap detik (*bit/detik*) oleh sebuah *file* video ketika video itu diputar. Semakin banyak jumlah *bit* yang digunakan untuk merepresentasikan sebuah *pixel*, yang berarti semakin tinggi kedalaman *pixel*-nya, maka semakin tinggi pula kualitasnya, dengan bayaran jumlah *bit* yang diperlukan menjadi lebih tinggi. (Rizal et al., 2020)

Dengan 1 byte (8 bit) untuk tiap *pixel*, diperoleh 28 atau 256 level intensitas. Dengan level intensitas sebanyak itu, pada umumnya mata manusia sudah bisa dipuaskan. Kedalaman *pixel* paling rendah terdapat pada binary-value image yang

hanya menggunakan 1 bit untuk setiap pixel, sehingga hanya ada dua kemungkinan bagi tiap pixel, yaitu 0 (hitam) atau 1 (putih).

Menurut YouTube (2018) rekomendasi video *bitrate* untuk standar video pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Rekomendasi *Bitrate* Youtube

Tipe Resolusi	Bitrate (Standar Frame Rate 24, 25, 30)	Bitrate (High Frame Rate 48, 50, 60)
2160p (4K)	34-45 Mbps	53-68 Mbps
1440p (2K)	16 Mbps	24 Mbps
1080p	8 Mbps	12 Mbps
720p	5 Mbps	7,5 Mbps
480p	2,5 Mbps	4 Mbps
360p	1 Mbps	1,5 Mbps

2.2 Kompresi

Kompresi merupakan proses konversi data menjadi *format* yang menggunakan *bit* yang lebih kecil dan pada umumnya bersifat *reversible*. Biasanya dilakukan terlebih dahulu pada sebuah data agar dapat disimpan maupun dikirimkan dengan lebih efisien. (Alam et al., 2019).

Teknik yang bertujuan untuk meminimalkan kebutuhan memori dalam merepresentasikan data digital disebut dengan proses kompresi. Dengan mengurangi duplikasi data di dalam citra video sehingga ukuran data menjadi lebih kecil dan meminimalisasi jumlah bit rate. Dengan kata lain, proses kompresi dapat membantu mengurangi konsumsi sumber daya mahal, seperti harddisk space pengguna dan transmisi *bandwidth* (Azmi et al., 2016).

2.3 Video Codec

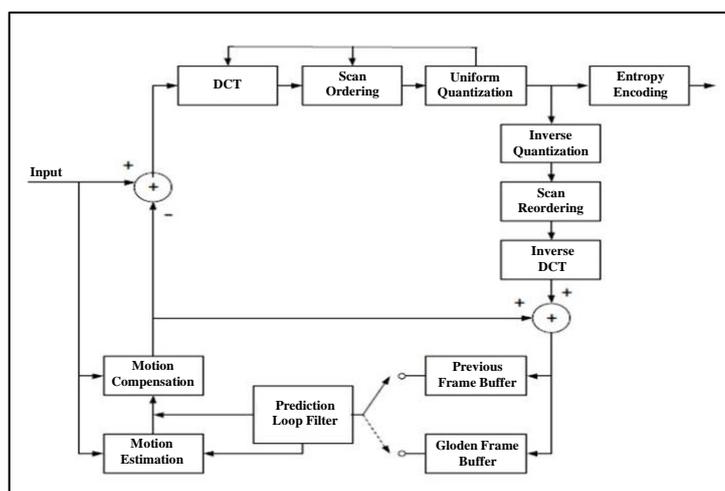
Video *codec* merupakan komponen elektronik maupun perangkat lunak yang mampu melakukan proses kompresi (*encoding*) dan dekompresi (*decoding*) pada video digital. Berbagai jenis *codec* diterapkan untuk disesuaikan dengan kompatibilitas dan kebutuhan akan hasil kompresi. Beberapa jenis *codec* diantaranya adalah AVC/H.264 dan pengembangannya yaitu HEVC/H.265 (Alam et al., 2019)

2.3.1 VP9

VP9 adalah penerus VP8, format kompresi video terbuka mulai dikembangkan pada akhir tahun 2011 oleh Google. Tujuan utamanya yaitu menyediakan solusi bebas royalti untuk video berbasis internet. VP9 bersaing dengan High Efficiency Video Coding (HEVC/H.265) (Herrou et al., 2019). Pada awalnya, VP9 digunakan di platform video Google yaitu Youtube. Berbeda dengan HEVC, dukungan VP9 terdapat di browser web. Kombinasi video VP9 dan audio Opus dalam wadah WebM seperti yang dilayani oleh Youtube, telah didukung oleh 4/5 pasar browser termasuk ponsel. VP9 disesuaikan untuk resolusi video yang lebih besar dari 1080p (UHD) dan juga memungkinkan kompresi lossless (Akyazi & Ebrahimi, 2018).

Sebagian besar peningkatan efisiensi pengkodean yang dicapai dalam VP9 dapat dikaitkan dengan penggabungan ukuran blok prediksi yang lebih besar. VP9 memperkenalkan super-blok (SB) ukuran hingga 64x64 dan memungkinkan pemecahan menggunakan dekomposisi rekursif hingga 4x4. (Mukherjee et al., 2015) Untuk VP9, ukuran blok dasar adalah 64×64 piksel (mirip dengan HEVC).

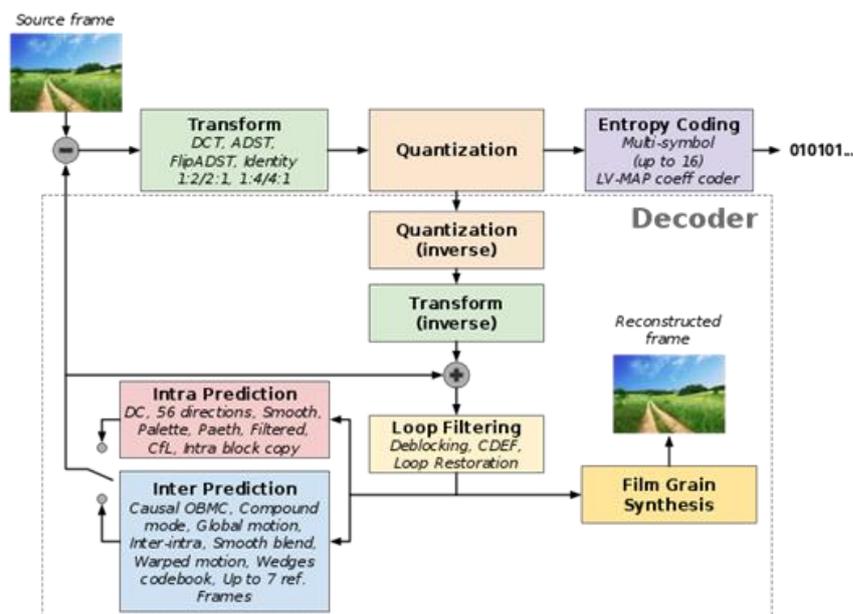
Codec yang lebih lama (seperti VP8 atau H.264) menggunakan 16×16 sebagai ukuran blok dasar sehingga menyebabkan performa kurang baik untuk konten yang beresolusi tinggi. Pada Gambar 2.8 merupakan struktur encoder dan decoder yang digunakan pada H.265/HEVC. (Herrou et al., 2019).



Gambar 2.4 Konsep *Codec* VP9

2.3.2 AV1

Codec video AV1 adalah *codec* video open source berkualitas tinggi yang dikembangkan oleh Alliance for Open Media, sebuah Joint Proyek Development Foundation dibentuk untuk mendefinisikan dan mengembangkan *codec* media, format media, dan teknologi terkait untuk mengatasi permintaan pasar untuk standar terbuka untuk kompresi dan pengiriman video melalui web. Inisial yang stabil rilis AV1 dikerahkan pada Maret 2018. Dibangun di atas dasar VP9 dengan penambahan alat pengkodean baru, pengkodean keuntungan efisiensi telah dilaporkan untuk set data yang cukup besar (Topiwala et al., 2019).



Gambar 2.5 Konsep Codec AV1

2.3.3 SVT-AV1

Netflix dan Intel telah memulai proyek AV1 mereka untuk mengembangkan metode SVT-AV1 (SVT – Scalable Video Technology), terutama berfokus pada tugas penyandian. Tujuan khusus telah ditetapkan dalam hal ini untuk mengembangkan open source *codec* (*encoder* dan *decoder*) yang dapat berguna untuk layanan OTT dan VoD (Video on Demand). Yang paling menarik adalah prosesor Intel Xeon dan optimalisasi solusi pada perangkat keras tersebut untuk aplikasi pada server pusat data. Terlihat bahwa platform video seperti Youtube sudah menerapkan format AV1.

Encoder SVT-AV1 adalah *encoder* video open source berdasarkan spesifikasi AV1 dan baru-baru ini diadopsi oleh Alliance for Open Media sebagai platform produksi untuk AV1 spesifikasi. Fitur arsitektur dari *encoder* SVT-AV1 serta algoritme terkait pengoptimalan adalah kunci utama dari fleksibilitas yang

dimiliki *encoder* agar berhasil memenuhi persyaratan berbagai berbagai aplikasi pemrosesan video.(Wu et al., 2021)

2.4 HandBrake

HandBrake secara resmi dikenal sebagai MediaFork pada tanggal 26 Januari 2007. HandBrake merupakan *tool* (alat) *open source* yang digunakan untuk video *transcoder*. HandBrake diawali pada tahun 2003 oleh seorang yang bernama Titer, kemudian Titer menjadi pengembang utama hingga April 2006. Pada rilis berikutnya secara resmi bernama HandBrake dan akan tetap demikian seterusnya. Hingga saat ini, HandBrake dipandu oleh Titer dan tim pengembangan dan merubah nama website-nya menjadi handbrake.fr (Scott, 2019). Berikut fitur umum yang terdapat pada HandBrake menurut penelitian (Scott, 2019) yaitu :

1. Built-in Device Presets (memilih profil), Support Input Sources (file multimedia), Support untuk Subtitles (VobSub, SSA, SRT), VFR (Variabel *Frame Rate*), CFR (Constant *Frame Rate*), dan CQP (Constant Quantization Parameter).
2. Support Output: File Containers yaitu MP4 dan MKV; video *encoders* yaitu H.265/HEVC (HandBrake versi 1.0.0 ke atas), H.264/AVC, VP8, VP9 dan Theora; Audio *Encoders* yaitu AAC/HE-AAC, MP3, Flac, AC3, dan Vorbis.
3. Support untuk Constant Quality-RF dan Average *Bitrate* Video Encoding. Constant Quality-RF (Control Rate Factor/CRF) untuk mengatur factor kualitas yang diinginkan, *encoder* menargetkan kualitas skala tertentu. Sehingga penurunan kecil dalam nilai CRF akan menghasilkan peningkatan yang besar dalam ukuran file yang dihasilkan dan berlaku sebaliknya. Nilai 0

berarti lossless dan akan menghasilkan ukuran file yang lebih besar dari sumber aslinya, kecuali jika sumbernya juga lossless.

4. Support untuk *Constant Quality-QP* dan *Average Bitrate Video Encoding*. *Constant Quality-QP (Control Quantization Parameter/CQP)* untuk mengatur faktor kualitas yang diinginkan, *encoder* menargetkan kualitas skala tertentu. Jadi, penurunan kecil dalam nilai CQP juga akan menghasilkan peningkatan yang besar dalam ukuran file yang dihasilkan dan berlaku sebaliknya.

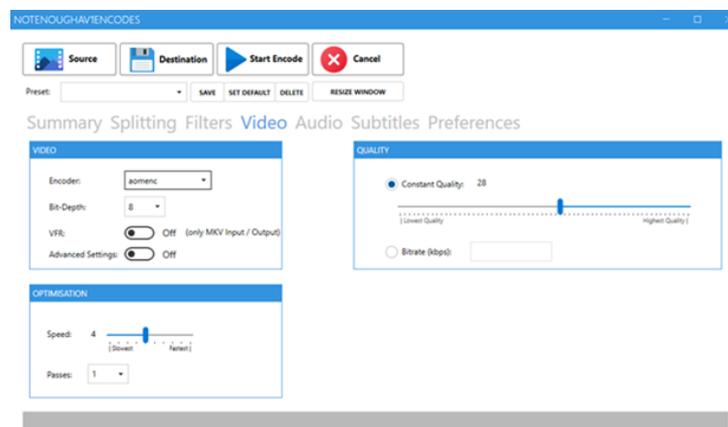


Gambar 2.6 Konfigurasi Nilai *Control Quantization Parameter*

Nilai CQP yang lebih kecil akan menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam ukuran output video yang dihasilkan dan begitu juga sebaliknya. Jika nilai CQP adalah 0, output video yang dihasilkan akan menjadi lossless dan memiliki ukuran lebih besar dari sumber video, kecuali jika sumbernya juga lossless. Menurut (Robitza, 2017) untuk konfigurasi nilai CQP standar yang wajar yaitu antara 18 dan 28, sedangkan nilai standar untuk konfigurasi H.264/AVC yaitu 23 dan H.265/HEVC yaitu 28. Dan untuk VP9, konfigurasi nilai CQP standar yang wajar yaitu antara 15 sampai 35, sedangkan nilai standar untuk konfigurasi VP9 yaitu 23 atau 30 (Bakar, Kirmizioglu, & Tekalp, 2017). Dan untuk AV1, konfigurasi beserta standar yang digunakan yaitu nilai CQP persis dengan VP9. Berdasarkan penelitian tersebut nilai CQP yang dekat dengan kriteria ini yaitu 18, 23, 28, dan 33.

2.5 NotEnoughAV1Encodes

NotEnoughAV1Encoders merupakan sebuah *software encoder* yang dibuat oleh seorang yang bernama Alex dari negara German. *Software* ini dibuat pada Maret 2020 dan dikembangkan melalui website Github hingga saat ini. NotEnoughAV1Encoders sesuai dengan namanya *software* ini mempunyai tujuan utamanya yaitu untuk mempermudah *video transcoder* terutama untuk *codec* AV1 yang terbaru. Dikarenakan HandBrake tidak menyiapkan *encoder* untuk *codec* AV1 ini maka *software* ini digunakan untuk kebutuhan penelitian. Perbedaan NotEnoughAV1Encoders dengan Handbrake dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Interface AV1 Encodes

1. *Interface* (tampilan) pada NotEnoughAV1Encoders berbeda dengan HandBrake, dari segi penyimpanan *button* (tombol) yang digunakan untuk keperluan *video transcoder*.
2. *Preset settings* pada NotEnoughAV1Encoders dilakukan secara manual serta dibantu dengan adanya tombol *Advanced Setting* untuk keperluan *settings* selebihnya, tidak seperti HandBrake sudah disediakan oleh *developer software*.

3. *Encoders* ini digunakan untuk beberapa *codec* tertentu, diantaranya: *AOMENC*, *RAVIE*, *SVT-AV1*, dan *VP9*.
4. Salah satu kelebihan dalam *software* ini yaitu memiliki fitur *Scaling Algorithm* yang dibuat untuk keperluan para peneliti lanjutan. Terdapat beberapa menu untuk *Scaling Algorithm* diantaranya: *FAST_BILINEAR*, *BILINEAR*, *BICUBIC*, *EXPERIMENTAL*, *NEIGHBOR*, *AREA*, *BICUBLIN*, *GAUSS*, *SINC*, *LANCZOS*, dan *SPLINE*.

2.6 Kualitas Video

Kualitas sebuah citra video digital dapat bersifat subjektif dan relatif, bergantung pada pengamatan orang yang menilainya. Seseorang dapat saja mengatakan kualitas suatu citra video digital bagus, tetapi orang lain mungkin mengatakan kurang bagus, jelek dan sebagainya. Kualitas hasil pemampatan citra video digital dapat diukur secara kuantitatif melalui beberapa parameter seperti MSE (*Mean Square Error*), PSNR (*Peak to Signal Noise Ratio*), dan Rasio Kompresi. Semakin kecil nilai MSE menunjukkan semakin baik citra yang dihasilkan dan parameter PSNR bernilai sebaliknya, semakin besar PSNR semakin bagus citra yang dihasilkan. (Magfira et al., 2015).

2.6.1 MSE dan PSNR

MSE merupakan kepanjangan dari Mean Square Error, berfungsi sebagai evaluasi metode peramalan dan mengatur kesalahan peramalan yang besar. Nilai $MSE = 0$ merupakan nilai titik konvergensi (Syahbana et al., 2015).

Sebagai contoh, untuk video dengan resolusi (x,y) pixel maka MSE dihitung sebagai :

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^N [I_{(x,y)} - I'_{(x,y)}]^2$$

Keterangan :

MSE = Nilai Mean Square Error

M = Panjang citra (dalam pixel)

I(x,y) = Nilai pixel dari hasil (S-video/S-frame)

N = Lebar citra (dalam pixel)

I'(x,y) = Nilai pixel dari citra awal (O-video/O-frame)

Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) adalah salah satu metode yang cukup populer digunakan dalam pengukuran kualitas video secara objektif. PSNR diukur dalam satuan *decibel* (dB). Metode ini menggunakan sinyal video sebagai parameter objektif. Metode ini membandingkan sinyal dari setiap *frame* video pada video hasil transmisi (S-video) dengan setiap *frame* video pada video sebelum ditransmisikan (O-video) dan mengukur perbedaan keduanya (Syahbana et al., 2015). PSNR dirumuskan sebagai :

$$PSNR = 20 \log_{10} \left[\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right]$$

PSNR = *Peak Signal to Noise Ratio*

MSE = Nilai MSE

Menurut Huynh-Thu dalam penelitian Syahbana, Yudhystira, & Yulina (2015) kualitas video yang baik ditandai dengan tingginya nilai PSNR. Interpretasi nilai PSNR terhadap kualitas video ditampilkan pada Tabel 2.2. Tabel berikut dikutip dalam penelitian Syahbana, Yudhystira, & Yulina (2015) dari publikasi oleh Enmaji.

Tabel 2.2 Interpretasi nilai PSNR terhadap kualitas video

Nilai PSNR	Kualitas
PSNR > 33dB	Baik Sekali
33dB > PSNR > 30	Cukup
PSNR < 30	Buruk

2.6.2 Rasio Kompresi

Berdasarkan tujuan melakukan kompresi data, yaitu untuk mengurangi jumlah *bit* yang digunakan untuk penyimpanan atau transmisi, maka pengujian yang dilakukan adalah menghitung rasio kompresi. Semakin besar nilai rasio maka semakin bagus dan efisien. Penghitungan rasio kompresi dilakukan dengan membandingkan ukuran *file* hasil kompresi dengan ukuran *file* semula. Perhitungan rasio kompresi didefinisikan dengan :

$$\text{Rasio Kompresi} = \frac{\text{Ukuran file sebelum di kompresi}}{\text{ukuran file setelah di kompresi}} \%$$

2.7 Penelitian Terkait

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan dalam melakukan penelitian sehingga dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Ulasan penelitian terkait, dilakukan untuk menganalisis penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian terdahulu dapat dilihat sebagai judul berikut:

Pada jurnal yang berjudul “Analisis Perbandingan Teknik Video *Codec* H.264/AVC, H.265/HEVC, VP9 dan AV1.” (Tubagus et al., 2021), Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi perubahan kualitas pada *codec* terbaru yaitu AV1 dengan *codec* pendahulunya. Adapun perbandingan dilakukan secara eksperimental pada dua resolusi video (1080p dan 720p) dengan cara pengambilan

sampel *frame* video yang diberikan nilai CRF/CQP dengan preset *encoder* berbeda dan pengujian beberapa tes parameter seperti durasi pengkodean, rasio kompresi, *bitrate*, *Mean Square Error* (MSE) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *codec* AV1 sangat baik dalam kualitas dan ukuran file, akan tetapi buruk dalam kecepatan kompresi. Namun, rasio kompresi *codec* H.265/HEVC lebih baik dibanding ketiga *codec* lainnya. Oleh karena itu, sebagai bahan rekomendasi untuk mendapatkan video hasil kompresi yang baik dengan ukuran file kecil dan waktu kompresi yang cepat yaitu menggunakan *codec* H.265/HEVC.

Pada jurnal yang berjudul “Perancangan *Codec* Berbasis Algoritma Kompresi H.264 untuk Aplikasi Konferensi Video”. (Azmi et al., 2016), Penelitian ini bertujuan untuk merancang *codec* yang mengadopsi standar kompresi video h.264. Selanjutnya dianalisis kualitas video hasil kompresi meliputi : rasio kompresi, *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), dan *Mean Opinion Score* (MOS). Selain itu, juga dianalisis seberapa berpengaruhnya kompresi video terhadap kinerja aplikasi konferensi video. Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa dengan adanya kompresi H.264 menghasilkan *bitrate* video yang rendah dengan penurunan mencapai 98.7% (1:77) hingga 99.52% (1:208) dengan PSNR minimal 30,90 dB

Pada jurnal yang berjudul “Analisis Performansi H.264 dan H.265 pada Video Streaming dari Segi *Quality Of Service*”. (Andrea et al., 2017), Pada penelitian ini, dilakukan pengujian pada video streaming menggunakan metode kompresi H.264/AVC dan H.265/HEVC. Pengujian ini dilakukan untuk

mengetahui efek dari penggunaan metode kompresi menurut perubahan *bitrate*, *framerate*, dan *bandwidth* yang digunakan. Dari hasil pengukuran menurut parameter tersebut dihasilkan nilai durasi streaming live H.264 dan H.265 adalah 22.870 sec dan 34.039 sec, ketika store adalah 10.927 sec dan 11.789 sec. Nilai throughput streaming live H.264 dan H.265 yaitu 0.28 MBit/sec dan 0.18 MBit/sec, ketika store yaitu 0.81 MBit/sec dan 0.79 MBit/sec. Nilai delay streaming live H.264 dan H.265 adalah 18.04 ms dan 24.67 ms, ketika store yaitu 8.47 ms dan 8.60 ms. Dapat disimpulkan performa streaming H.264 lebih baik dari H.265 dikarenakan memiliki nilai durasi streaming yang lebih rendah, throughput yang lebih tinggi, dan delay yang lebih kecil.

Pada jurnal yang berjudul “Analisis Performansi Video *Encoder* Dan *Decoder* (*Codec*) High Efficiency Video Coding Dan Advanced Video Coding Pada Video Digital”. (Alam et al., 2019), Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berbagai macam *codec* standar dengan parameter kecepatan kompresi, nilai PSNR, MSE dan rasio kompresi. Kesimpulan dari Secara keseluruhan, *codec* HEVC memberikan hasil yang lebih baik dalam hal kualitas PSNR, nilai error MSE yang rendah, serta rasio kompresi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kompresi yang mengaplikasikan *codec* AVC, namun AVC masih unggul dibandingkan dengan HEVC dalam segi kecepatan kompresi.

Pada jurnal yang berjudul ‘Comparison of Compression Efficiency between HEVC/H.265, VP9 and AV1 based on Subjective Quality Assessments’. (Akyazi & Ebrahimi, 2018), Penelitian ini membandingkan AV1 dengan VP9 dan HEVC/H.265 dari sudut pandang distorsi tingkat dalam skenario kasus penggunaan

penyiaran. Perbandingan timbal balik dilakukan melalui evaluasi subjektif yang dilakukan dalam lingkungan yang terkendali menggunakan konten video HD dengan *bitrate* tipikal mulai dari rendah hingga tinggi, sesuai dengan kualitas sangat rendah hingga benar-benar transparan. Penulis kemudian melanjutkan dengan analisis mendalam tentang kelebihan dan kekurangan masing-masing *codec* untuk jenis konten tertentu dan membandingkan perbandingan subjektif dan kesimpulan dengan yang diperoleh oleh orang lain dalam keadaan seni serta yang diukur dengan metrik objektif seperti sebagai PSNR.

Pada jurnal yang berjudul “HDR Video Quality Evaluation of HEVC and VP9 *Codec*”. (Herrou et al., 2019), Penelitian ini membandingkan kinerja antara HEVC dan VP9 dalam konteks HDR melalui evaluasi objektif dan subjektif. Hasil objektif eksperimental telah menunjukkan bahwa HEVC menawarkan penghematan bit rate dari 0,6% hingga 38,2% dibandingkan VP9 tergantung pada metrik objektif yang digunakan. Studi subjektif menunjukkan bahwa, rata-rata, penghematan bit rate lebih besar dari 47,7% dapat dicapai oleh HEVC untuk kualitas yang dirasakan sama seperti VP9. Istilah Indeks—HDR, kompresi video, HEVC, VP9, subjek evaluasi aktif, penilaian kualitas video.

Pada jurnal yang berjudul “*The latest open source video codec VP9 An overview and preliminary results*”. (Mukherjee et al., 2015), Penelitian ini memberikan gambaran teknis singkat tentang VP9 bersama dengan perbandingan dengan *codec* video canggih lainnya H.264/AVC dan HEVC pada set pengujian standar. Hasilnya secara keseluruhan VP9 terlihat cukup kompetitif dengan

referensi implementasi HEVC sementara jauh mengungguli implementasi X.264 dari H.264/AVC.

Pada jurnal yang berjudul “*Performance Comparison of AV1, JEM, VP9, and HEVC Encoders*”. (Grois et al., 2018), Penelitian ini mengevaluasi kinerja status saat ini dari dua jalur pengembangan berbeda dalam teknologi pengkodean video masa depan yang disebut *codec* video AV1 dari *Alliance for Open Media* (AOM) yang digerakkan oleh industri dan *Joint Exploration Test Model* (JEM). Hasil dari penelitian ini, diamati bahwa rilis AV1 terbaru mencapai penghematan *bitrate* rata-rata 17% relatif terhadap VP9 dengan mengorbankan faktor 117 dalam waktu proses *encoder*. Di sisi lain, rilis JEM terbaru memberikan penghematan *bitrate* rata-rata 30% relatif terhadap HM dengan faktor 10.5 dalam waktu proses *encoder*. Ketika secara langsung membandingkan AV1 dan JEM keduanya untuk pengaturan parameter kuantisasi statis, AV1 menghasilkan *overhead bitrate* rata-rata lebih dari 100% relatif terhadap JEM pada kualitas rekonstruksi tujuan yang sama dan, sebagai tambahan, dengan faktor ~2,7 dalam *run time encoder*. Bahkan ketika dioperasikan dalam mode kontrol laju dua lintasan, AV1 tertinggal di belakang enkoder referensi JEM dan HM dengan *overhead* laju bit rata-rata masing-masing 55% dan 9,5%, meskipun yang terakhir dikonfigurasi sepanjang statis satu lintasan. pengaturan parameter kuantisasi.

Pada jurnal yang berjudul “*Analisis Performansi Video Kompresi H.265 (Hvc) Dan VP9 Pada Layanan Video Streaming Internet Protocol Television (Iptv) Dari Segi Quality Of Service (Qos)*”. (M Hafidh Idris, Ir. Ahmad Tri Hanuranto, 2019), Pada penelitian ini penulis membandingkan performansi dari

codec H.265 (HEVC) dan VP9 pada jaringan berbasis video streaming dengan membandingkan resolusi mulai dari 480, 720 dan 1080. Untuk menganalisa performansi streaming antara kedua *codec* H.265 (HEVC) dan VP9 dibutuhkan tolak ukur yaitu data yang secara kuantitas dapat dianalisa. *Parameter Quality of Service* bisa menjadi tolak ukur data yang akan dianalisis. Parameter yang digunakan yaitu waktu kompresi, kapasitas penyimpanan video, *delay inter-arrival*, *jitter inter-arrival*, *packet loss* dan *throughput*.

Pada jurnal yang berjudul “*A comparative performance evaluation of VP9, x265, SVT-AV1, VVC codec leveraging the VMAF perceptual quality metric*” (Esakki et al., 2020), Dalam penelitian ini, peneliti membandingkan kinerja standar pengkodean video serbaguna (VVC) yang baru muncul, *encoder* AV1 yang baru dirilis (menggunakan instans SVT-AV1), standar pengkodean video efisiensi tinggi (HEVC) yang mapan melalui implementasi x265, dan yang lebih awal kodek VP9. Kami menggunakan video terpilih yang berasal dari tiga kumpulan data yang berbeda, yaitu UT LIVE (432p), dan uji HEVC urutan (480p, 720p, 1080p) yang memberikan keragaman dalam konten video, resolusi video, dan kecepatan bingkai. Eksperimental penyiapan melibatkan pengkodean kualitas tetap menggunakan empat titik tingkat yang berbeda, dan lebih khusus lagi, nilai QP 27, 35, 46, 55 untuk AV1 dan VP9 dan nilai QP 22, 27, 32, 37 untuk *codec* VVC dan x265. Untuk memperkirakan keuntungan *bitrate*, kami menggunakan Algoritma BD-RATE menggunakan PSNR dan VMAF untuk penilaian kualitas video objektif (VQA). Kami menemukan bahwa VVC mencapai kinerja pengkodean video terbaik, secara signifikan mengungguli semua *codec* lainnya.

Pada jurnal yang berjudul “H.264/MPEG-AVC, H.265/MPEG-HEVC and VP9 Codec Comparison for Live Gaming Video Streaming”. (Barman & Martini, 2017), Penelitian ini menyajikan evaluasi objektif dari delapan game paling populer yang dikodekan menggunakan *encoder* H.264/MPEG-AVC, H.265/MPEG-HEVC dan VP9 untuk aplikasi *streaming video game* langsung seperti yang saat ini digunakan oleh Twitch.tv dan YouTube Gaming . Hasilnya dilaporkan dalam tiga metrik kualitas video objektif (PSNR, SSIM, VIFp), analisis *Bjontegaard Delta Bitrate* (BD-BR), dan durasi *encoding*. Untuk pengaturan *encoding* dan *encoder* yang digunakan, dalam hal analisis BD-BR, H.265/MPEG-HEVC ditemukan memberikan efisiensi kompresi terbaik tetapi 2,6 kali lebih lambat dari H.264/MPEG-AVC. Besarnya penghematan *bitrate* untuk VP9 dibandingkan dengan H.264/MPEG-AVC ditemukan sangat bergantung pada jenis konten, dengan H.264/MPEG-AVC menghasilkan penghematan *bitrate* rata-rata yang lebih tinggi dengan kecepatan encoding empat kali lebih cepat daripada VP9.

Pada jurnal yang berjudul “*Quality Assessment of Gaming Videos Compressed via AV1*”. (Ashimov et al., 2020), Penelitian ini membandingkan efisiensi kompresi *codec* untuk konten game pada H.264, VP9 dan HEVC. Hasil penelitiannya menunjukkan AV1 menghasilkan kualitas terbaik untuk sebagian *bitrate* dan konten yang di pertimbangkan dengan score PNSR 0,91 dan 0,93, SSIM 0,74 dan 0,96, VMAF 0,95 dan 0,99.

Pada jurnal yang berjudul “*Coding Efficiency Comparison AV1/VP9, H.265/MPEG-HEVC, and H.264/MPEG-AVC Encoders*” (Grois et al., 2016), Penelitian ini membandingkan efisiensi kompresi *codec* AV1, VP9, HEVC dan

AVC. Hasilnya penghematan *bitrate* rata-rata yang signifikan sebesar 38,4% dan 32,8% dibandingkan dengan AOM/AV1 dan H.264/MPEG-AVC, masing-masing. Khususnya, jika dibandingkan secara langsung dengan H.264/MPEG-AVC Profil Tinggi, *encoder* AOM/AV1 menghasilkan *bitrate* rata-rata overhead 10,5% pada kualitas objektif yang sama. Sebagai tambahan, diamati bahwa waktu pengkodean AOM/AV1 adalah sangat mirip dengan referensi HM dan JM yang lengkap *encoder* perangkat lunak. Di sisi lain, pengkodean tipikal kali HM *encoder* berada di kisaran 30-300 kali lebih tinggi rata-rata daripada yang diukur untuk HHI.

2.8 Penelitian terdekat

Penelitian terdekat ini menjadi salah satu acuan dalam melakukan penelitian sehingga dapat membandingkan metode yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan. Penelitian terdekat diambil dari penelitian terdahulu yang paling mendekati dengan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian terdekat ini dijadikan perbandingan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga dapat diketahui perbedaan apa saja yang ada pada penelitian ini.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh (Mahdi, 2020) tentang “Analisis kualitas kompresi video digital menggunakan *codec* h.264/AVC, h.265/HEVC dan VP9” dilakukan perhitungan terhadap kualitas objektif dengan mengukur kualitas video berdasarkan parameter kecepatan kompresi, ukuran file, nilai PSNR, nilai MSE, dan rasio kompresi. Penelitian lanjutan telah dilakukan oleh (Tubagus, 2021) dengan adanya penambahan jenis *codec* AV1 pada *raw* video yang di uji.

Dikarenakan pada penelitian (Mahdi, 2020) hanya menggunakan tiga *codec* untuk perbandingan yaitu H264/AVC, H265/HEVC dan VP9. Serta penambahan *codec* baru AV1 pada penelitian (Tubagus, 2021). Seiring perkembangan *codec* semakin maju salah satunya turunan dari *codec* AV1 yaitu SVT-AV1. Yang membedakan antara penelitian ini dengan penelitian (Mahdi, 2020) dan (Tubagus, 2021) yaitu penambahan jenis *codec* SVT-AV1 pada video yang diuji dengan format MPEG-2 dengan resolusi 1080p menjadi resolusi 1080p dan 720p dengan format MKV.