



VIDEO CODING

Memahami Konsep Dasar
Teknologi Pengkodean Video

ANDRI AGUSTAV WIRABUDI, S.T., M. T

Video Coding

Memahami Konsep Dasar Teknologi Pengkodean Video

ANDRI AGUSTAV WIRABUDI, S.T., M. T



Video Coding Memahami Konsep Dasar Teknologi Pengkodean Video
Copyright © PT Penamuda Media, 2024

Penulis:

Andri Agustav Wirabudi, S.T., M. T

ISBN:

978-634-7062-03-1

Penyunting dan Penata Letak:

Tim PT Penamuda Media

Desain Sampul:

Tim PT Penamuda Media

Penerbit:

PT Penamuda Media

Redaksi:

Casa Sidoarum RT03 Ngentak, Sidoarum Godean Sleman Yogyakarta

Web: www.penamudamedia.com

E-mail: penamudamedia@gmail.com

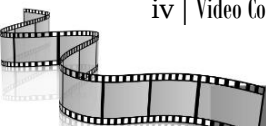
Instagram: [@penamudamedia](https://www.instagram.com/penamudamedia)

WhatsApp: +6285700592256

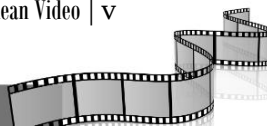
Cetakan Pertama, November 2024

xii + 248 halaman; 15 x 23 cm

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin



Untuk Putriku dan Istriku:
Anayya Micha Shayna, Siti Anisa Nurlatipah



KATA PENGANTAR

Puji syukur mari kita panjatkan ke hadirat Allah Subhana wata'ala atas berkat nikmat dan rahmat-Nya lah penulis bisa mewujudkan impian penulis dalam membuat buku, khususnya dalam buku yang membahas tentang *video coding* ini.

Jika sebelumnya penulis membuat buku tentang dasar pengolahan citra digital, di dalam buku ini akan lebih difokuskan ke dalam pembelajaran tentang *video coding* dalam kompresi citra bergerak atau video. Buku ini akan sangat membantu bagi pembaca yang ingin lebih memahami tentang konsep dasar pengkodean video.

Tujuan utama dari buku ini adalah untuk memberikan pengenalan konsep serta perkembangan penelitian pengkodean video saat ini. Bagi para pembaca yang tertarik dalam pengkodean video, semoga akan memberikan pencerahan dan penjelasan yang cukup untuk dapat mengembangkan riset nya di kemudian hari. Serta tidak lupa penulis memberikan contoh pemrograman dan soal-soal yang bisa digunakan untuk melatih kemampuan pembaca agar lebih baik lagi.

Jika ada manfaat yang pembaca rasakan dari buku ini, Penulis sangat berterimakasih dan semoga Allah Subhana wata'ala membalas kebaikan dengan beribu kebaikan kepada pembaca. *Aamiin Ya Rabbal 'Alamiin*.

Penulis menyadari buku ini masih sangat jauh dari sempurna, dan bisa saja terjadi kesalahan-kesalahan didalamnya, untuk itu penulis memohon maaf sebesar-besarnya untuk itu. Namun, penulis akan sangat berterimakasih jika ada kritik dan saran yang bermanfaat untuk di sampaikan ke penulis, jangan sungkan untuk menghubungi penulis di alamat email berikut: andriagustaw@telkomuniversity.ac.id agar di kemudian hari penulis bisa memperbaikinya jauh lebih baik lagi.

Terimakasih Selamat Belajar!!!

Korea Selatan, xxxx 2024



DAFTAR ISI

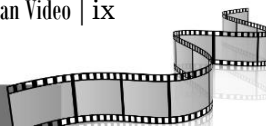
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
1. Pengenalan Konsep Dasar Video.....	1
1.1 Video Analog.....	1
1.1.1 NTSC Video.....	5
1.1.2 PAL (<i>Phase Alternating Line</i>)	6
1.1.3 SECAM Video	6
1.2 Video Digital.....	7
1.2.1 <i>Sampling</i>	8
1.3 Ruang Warna (<i>color spaces</i>).....	13
1.3.1 Chroma Subsampling	14
1.5 HDR (<i>High Dynamic Range</i>).....	17
1.5.1 Ruang Warna REC.709 dan REC.2020	18
1.5.2 <i>Bit Depth</i>	19
1.5.3 Fungsi Transfer	20
1.5.4 Metadata.....	20
1.5.4 HDR <i>Landscape</i>	22
1.6 Antarmuka Tampilan Video.....	22
1.6.1 Komponen Analog	22
1.6.2 Komponen Digital.....	23
1.7 Langkah-langkah dalam kompresi video	24
2. Video Kompresi	26
2.1 Pengenalan Video kompresi.....	26



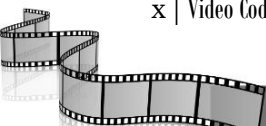
2.2 Kenapa Video Perlu di Kompresi?.....	27
2.3 Bagaimana Video Dikompresi?	28
2.3.1 Redundansi Piksel Spasial	30
2.3.2 Redundansi Piksel Temporal	31
2.3.3 Pengkodean Entropi	32
2.3.4 Redundansi Psycho -Visual	34
2.3.5 Perbandingan Pengkodean 8-bit dengan 10-bit	36
3. Evolusi <i>Codecs</i>	38
3.1 Pengertian Codec	38
3.2 Teori Informasi	39
3.3 Jenis-Jenis Codec	39
3.3.1 <i>Lossless Codec</i>	40
3.3.2 <i>Lossy Codec</i>	40
3.3.3 <i>Container Codec</i>	42
3.3.4 Audio Codec	43
3.3.5 Video Codec.....	44
3.4 Evolusi Standar Pengkodean Video	45
3.4.1 Pengembangan	47
3.4.2 Standar MPEG Video.....	48
3.4.3 Standar Video H.26x.....	49
3.4.4 Standar <i>Versatile Video Coding (VVC)</i>	49
3.4.5 Perbandingan MPEG-2, H.264 ,H.265 dan VVC	51
4. Arsitektur Video Codec	54
4.1 Arsitektur Pengkodean Video Hibrida.....	54
4.2 <i>Intra Frame Encoding</i>	56
4.3 <i>Inter Frame Encoding</i>	57
4.3.1 Pengkodean Prediksi Frame (Frame-P)	59
4.3.2 Prediksi Dua Arah (<i>Bidirectional</i> , Frame-B).....	61



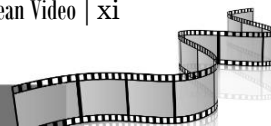
4.3.3 Struktur Kelompok Citra (<i>Group Of Pictures</i> GOP <i>structure</i>).....	64
4.3.4 Struktur GOP Terbuka dan Tertutup.....	65
4.4 Prediksi Berbasis Blok	71
4.5 <i>Slices</i> dan <i>Tiles</i>	77
4.6 <i>Interlaced</i> vs Pemindaian Progresif	80
5. Prediksi Intra	82
5.1 Proses Prediksi	84
5.2 Blok Transformasi dan Prediksi Intra	89
5.3 Perbandingan Codec	92
6. Prediksi Inter	93
6.1 Prediksi Berbasis Gerakan	94
6.1.1 Prediksi Kompensasi gerakan	99
6.1.2 Prediksi Bidireksional	99
6.1.3 Prediksi Bobot.....	100
6.2 Algoritma Estimasi Gerakan.....	102
6.2.1 Pencarian Logaritmik	105
6.2.2 Pencarian Tiga Langkah.....	106
6.2.2 Pencarian Berlian	107
6.3 Interpolasi Sub-piksel	108
6.3.1 Interpolasi Sub Piksel pada HEVC	110
6.4 Prediksi Vektor Gerak.....	113
7. Residual Coding.....	116
7.1 Frekuensi Pada Citra	118
7.2 Bagaimana Citra Bisa dipecahkan kedalam Frekuensi .	119
7.2.1 Energi Kompaksi.....	121
7.2.2 Penggelapan Untuk Kompresi	123
7.2.3 <i>Discrete Cosine Transform</i> (DCT)	124
7.3 Kuantisasi.....	128



7.3.1 Matriks Kuantisasi	131
7.3.2 Kuantisasi Video	132
7.3.3 Bagaimana Nilai Kuantisasi Ditentukan	137
7.4 Reordering	138
7.5 Run Level Pair Encoding	142
8. Entropy Coding	144
8.1 Konsep Teri Informasi	145
8.1.1 Konsep Entropi	147
8.1.2 Bagaimana Kemungkinan atau Probabilitas Dicapai	149
8.2 Pengkodean Aritmatika Biner Adaptif Konteks (CABAC)	150
8.2.1 Binarisasi.....	151
8.2.1.1 Fixed length Binarization Teknik.....	152
8.2.1.2 Truncated Unary Binarization Teknik	153
8.2.1.3 Exp-Golomb Binarization Teknik	154
8.2.2 Konteks Pemodelan.....	156
8.2.2.1 Cara Kerja Konteks Pemodelan	157
8.2.2.2 Mengapa Pemodelan Konteks Efektif.....	158
8.2.2.3 Implementasi dalam H.264 dan H.265	158
8.2.3 Pengkodean Aritmatika (<i>Arithmetic Coding</i>)	160
8.2.3.1 Langkah-langkah Pengkodean Aritmatika	160
9. Filtering	166
9.1 Kenapa Filter in-loop ini Dibutuhkan	167
9.2 Deblocking Filter	169
9.2.1 Proses Deblocking.....	171
9.2.1.1 Identifikasi Batas Blok yang Diperlukan	171
9.2.1.2 Penentuan Kekuatan Filter	171

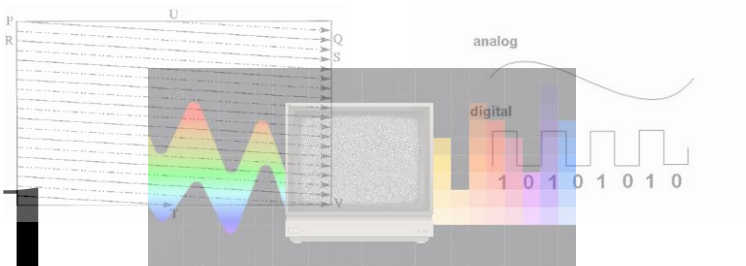


9.2.1.3 Penerapan Smoothing (Penghalusan).....	173
9.2.1.4 Penyesuaian untuk Detail yang penting	173
9.2.2 Contoh Penerapan Filtering Pada Gambar	173
9.3 <i>Sample Adaptive Offset</i> (SAO)	174
9.3.1 <i>Edge Offset Mode</i>	176
9.3.2 <i>Band Offset Mode</i>	177
9.4 Implementasi SAO.....	178
10. Model Keputusan dan Kontrol <i>Rate</i>	179
10.1 Batasan	181
10.2 Pengukuran Distorsi.....	183
10.2.1 <i>Sum of Absolute Differences</i>	184
10.2.2 <i>Sum of Absolute Transform Differences</i>	185
10.3 Formulasi Masalah Pengkodean	188
10.4.....	190
10.5 Konsep Kontrol laju	191
10.5.1 Alokasi Bit	192
10.6 Kuantisasi Adaptif (AQ)	194
11. Mode Encoding	196
11.1 VBR encoding.....	196
11.1.1 Cara Kerja VBR encoding	197
11.2 CRF encoding	198
11.3 VBR vs CBR.....	199
11.4 Kapan VBR dan CBR digunakan.....	201
12. Metrik Pengukuran kualitas video	204
12.1 Metrik Kualitas Video Objektif	206
12.1.1 <i>Peak-Signal-To-Noise Ratio</i> (PSNR).....	206
12.1.2 <i>Structural Similarity</i> (SSIM).....	207



12.1.1.1 Video Multi-Method Assessment Fusion (VMAF)	210
12.2 Implementasi Encoder.....	211
12.2.1 Encoder <i>H.264</i>	212
12.2.2 VP9 Encoder	214
12.3 Penilaian Kualitas Video.....	215
13. Kemajuan dalam Teknologi Video	219
13.1 Optimasi Encoder Per-Judul	220
13.2 Pembelajaran Mesin (<i>Machine Learning</i>).....	222
13.2.1 Alat ML untuk Optimalisasi Pengkodean Video .	223
13.3 CODEC AV1	225
13.4 Realitas Virtual dan video 360 ⁰	227
13.5 <i>Artificial intelligence Video Codec</i>	231
GLOSARIUM.....	233
INDEKS	238
DAFTAR PUSTAKA	245





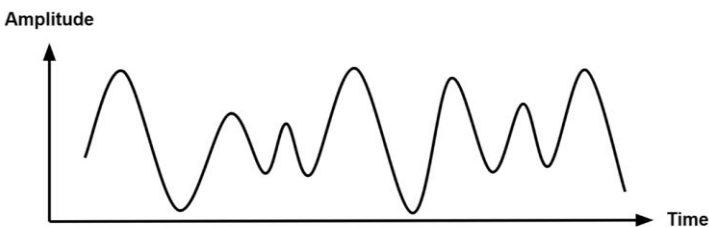
I. Pengenalan Konsep Dasar Video

“Perubahan Besar diawali dari tindakan yang kecil (Andri Agustav W)”

Isi BAB:

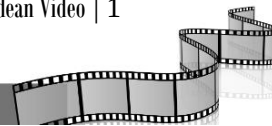
- (1) Video Analog
- (2) Digital Video
- (3) Ruang Warna (*color space*)
- (4) Kedalaman Bit
- (5) HDR (*High-Dynamic Range*)

1.1 Video Analog



Gambar 1.1 Ilustrasi sinyal analog

Video analog adalah format video yang merekam citra dan suara menggunakan sinyal analog, yaitu sinyal yang bersifat kontinu dan berubah secara terus menerus ditunjukkan pada gambar 1.1. Pada video analog, citra dan suara dicatat sebagai gelombang analog pada pita magnetik atau disk optik.

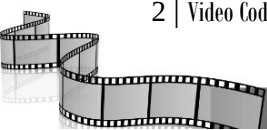


Sinyal analog merupakan sinyal yang dihasilkan oleh energi listrik yang membentuk linear di mana tergantung besaran listrik yang dibuat. Seperti yang disebutkan sebelumnya bahwa karakteristik dari sinyal analog adalah bersifat kontinu yang artinya selama gelombang mengirim sinyal maka gelombang tersebut tidak akan terputus, melainkan mengubah besaran listrik yang dialirkan sebagai data yang dikirim.

Dalam kasus pengolahan citra sinyal analog $f(t)$ mengubah citra yang berubah seiring waktu menjadi sinyal listrik. Pemindaian progresif menampilkan citra secara menyeluruh (dalam satu bingkai/frame) per baris pada setiap interval waktu. Monitor komputer dengan resolusi tinggi umumnya menggunakan interval waktu $1/72$ detik untuk menampilkan citra yang berkualitas tinggi.

Salah satu kelemahan utama jika video menggunakan sinyal analog ini adalah rentan terhadap gangguan derau(*noise*) dan tentunya akan merusak kualitas selama proses perekaman, pengiriman dan kompresi. Selain itu, video analog juga memiliki keterbatasan dalam hal fleksibilitas pengeditan dan manipulasi, karena proses pengeditan analog memerlukan perubahan fisik pada pita rekaman.

Sistem pemindaian interlaced digunakan dalam TV dan beberapa standar monitor dan multimedia. Di sini, pemindaian dimulai dengan baris ganjil, kemudian diikuti oleh baris genap. Hal ini menghasilkan "*field*" ganjil dan genap, yang mana dua *field* tersebut membentuk satu citra penuh[1-3].



VIDEO CODING

Memahami Konsep Dasar Teknologi Pengkodean Video

Buku ini menawarkan pemahaman mendalam tentang dasar-dasar teknologi pengkodean video, menjelaskan prinsip dan teknik yang digunakan dalam kompresi citra bergerak. Dengan pendekatan yang sistematis, buku ini memperkenalkan pembaca pada perbedaan antara video analog dan digital, teknik kompresi, evolusi codec, dan struktur video codec yang sering digunakan, seperti H.264 dan HEVC. Selain itu, buku ini membahas teknik-teknik prediksi intra dan inter frame, transformasi frekuensi, pengkodean entropi, serta filter in-loop yang memastikan kualitas video tetap optimal. Setiap bab dilengkapi dengan contoh dan penjelasan yang memudahkan pembaca untuk mempelajari konsep yang pengkodean video. Buku ini sangat bermanfaat bagi akademisi, peneliti, atau praktisi yang ingin memahami teknologi pengkodean video secara menyeluruh dan menerapkan teknik kompresi terkini dalam dunia digital.

ISBN 978-634-7062-03-1



9 786347 062031



PT. Penerbit Penamuda Media Godean,
Yogyakarta
085700592256
@penamuda.media
penamuda.com