



# 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](http://www.penamudamedia.com)

E-mail: [penamudamedia@gmail.com](mailto:penamudamedia@gmail.com)

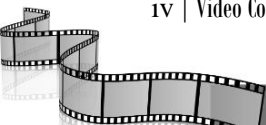
Instagram: [@penamudamedia](https://www.instagram.com/penamudamedia)

WhatsApp: +6285700592256

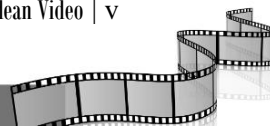
Cetakan Pertama, November 2024

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.

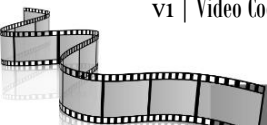
Tujuan utama dari buku ini adalah untuk memberikan pengenalan konsep serta perkembangan penelitian pengkodean video saat ini. Bagi para pembaca yang tertarik dalam pengkodean video, semoga akan memberikan pencerahan dan penjelasan yang cukup untuk dapat mengembangkan riset nya di kemudian hari. Serta 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](mailto: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  |

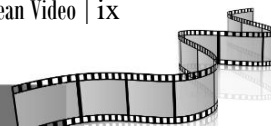


|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.2   | Kenapa Video Perlu di Kompresi?.....                     | 27 |
| 2.3   | Bagaimana Video Dikompresi? .....                        | 28 |
| 2.3.1 | Redundansi Piksel Spasial .....                          | 30 |
| 2.3.2 | Redundansi Piksel Temporal .....                         | 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 |

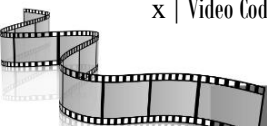




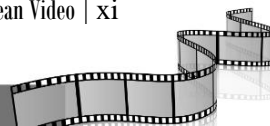
|  |     |
|--|-----|
| 4.3.3 Struktur Kelompok Citra ( <i>Group Of Pictures</i> GOP structure)..... | 64  |
| 4.3.4 Struktur GOP Terbuka dan Tertutup.....                                 | 65  |
| 4.4 Prediksi Berbasis Blok .....   | 71  |
| 4.5 <i>Slices</i> dan <i>Tiles</i> .....                                     | 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 |



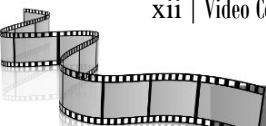
|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 7.3.1   | Matriks Kuantisasi .....                                  | 131 |
| 7.3.2   | Kuantisasi Video .....                                    | 132 |
| 7.3.3   | Bagaimana Nilai Kuantisasi Ditentukan .....               | 137 |
| 7.4     | <i>Reordering</i> .....                                   | 138 |
| 7.5     | <i>Run Level Pair Encoding</i> .....                      | 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     | <i>Deblocking Filter</i> .....                            | 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 <sup>0</sup> .....     | 227 |
| 13.5 <i>Artificial intelligence Video Codec</i> .....      | 231 |
| GLOSARIUM.....   | 233 |
| INDEKS .....   | 238 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                       | 245 |



# 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