M U L T I M E D I A

KOMPRESI CITRA

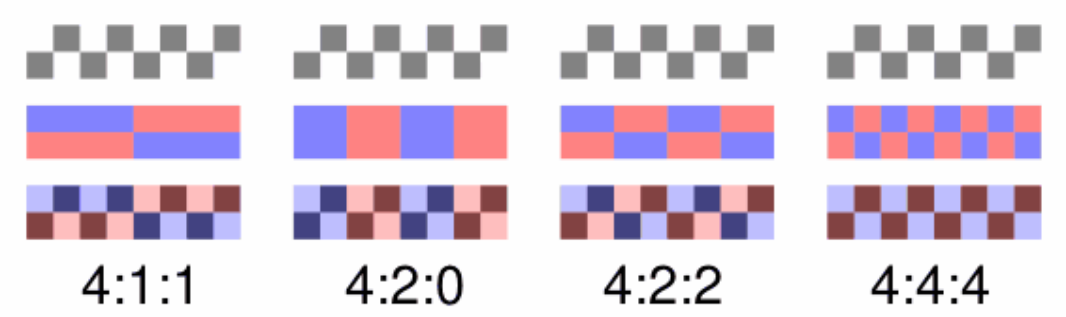
Kompresi Citra adalah aplikasi kompresi data yang dilakukan terhadap citra digital dengan tujuan untuk mengurangi redundansi dari data-data yang terdapat dalam citra sehingga dapat disimpan atau ditransmisikan secara efisien.

TEKNIK KOMPRESI CITRA

Teknik kompresi pada citra tetap sama:

- **Lossy Compression**:
    - Ukuran file citra menjadi lebih kecil dengan menghilangkan beberapa informasi dalam citra asli.
    - Teknik ini mengubah detail dan warna pada file citra menjadi lebih sederhana tanpa terlihat perbedaan yang mencolok dalam pandangan manusia, sehingga ukurannya menjadi lebih kecil.
    - Biasanya digunakan pada citra foto atau image lain yang tidak terlalu memerlukan detail citra, dimana kehilangan bit rate foto tidak berpengaruh pada citra.
    - Beberapa teknik loseless:
        - **Color reduction**: untuk warna-warna tertentu yang mayoritas dimana informasi warna disimpan dalam color palette.

- **Chroma subsampling**: teknik yang memanfaatkan fakta bahwa mata manusia merasa brightness (luminance) lebih berpengaruh daripada warna (chrominance) itu sendiri, maka dilakukan pengurangan resolusi warna dengan disampling ulang. Biasanya digunakan pada sinyal YUV.
    - Chorma Subsampling terdiri dari 3 komponen: Y (luminance) : U (CBlue) : V (CRed)



- **Transform coding**: menggunakan Fourier Transform seperti DCT.
    - Fractal Compression: adalah suatu metode lossy untuk mengkompresi citra dengan menggunakan kurva fractal. Sangat cocok untuk citra natural seperti pepohonan, pakis, pegunungan, dan awan.
    - Fractal Compression bersandar pada fakta bahwa dalam sebuah image, terdapat bagian-bagian image yang menyerupai bagian bagian image yang lain.
    - Proses kompresi Fractal lebih lambat daripada JPEG sedangkan proses dekompresinya sama.

- **Loseless Compression**:
    - Teknik kompresi citra dimana tidak ada satupun informasi citra yang dihilangkan.
    - Biasa digunakan pada citra medis.
    - Metode loseless: Run Length Encoding, Entropy Encoding (Huffman, Aritmatik), dan Adaptive Dictionary Based (LZW)

HAL-HAL PENTING DALAM KOMPRESI CITRA

1. **Scalability/Progressive Coding/Embedded Bitstream**
   - Adalah kualitas dari hasil proses pengkompresian citra karena manipulasi bitstream tanpa adanya dekompresi atau rekompresi.
   - Biasanya dikenal pada loseless codec.
   - Contohnya pada saat preview image sementara image tersebut didownload. Semakin baik scalability, makin bagus preview image.
   - Tipe scalability:
     a. **Quality progressive:** dimana image dikompres secara perlahan-lahan dengan penurunan kualitasnya
     b. **Resolution progressive:** dimana image dikompresi dengan mengenkode resolusi image yang lebih rendah terlebih dahulu baru kemudian ke resolusi yang lebih tinggi.
     c. **Component progressive:** dimana image dikompresi berdasarkan komponennya, pertama mengenkode komponen gray baru kemudian komponen warnanya.
2. **Region of Interest Coding**: daerah-daerah tertentu dienkode dengan kualitas yang lebih tinggi daripada yang lain.
3. **Meta Information**: image yang dikompres juga dapat memiliki meta information seperti statistik warna, tekstur, small preview image, dan author atau copyright information

PENGUKURAN ERROR KOMPRESI CITRA

Dalam kompresi image terdapat suatu standar pengukuran error (galat) kompresi:

- MSE (**Mean Square Error**), yaitu sigma dari jumlah error antara citra hasil kompresi dan citra asli.

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

Dimana: I(x,y) adalah nilai pixel di citra asli

I’(x,y) adalah nilai pixel pada citra hasil kompresi

M,N adalah dimensi image

- **Peak Signal to Noise Ratio** (PSNR), yaitu untuk menghitung peak error.

  PSNR = 20 * log10 (255 / sqrt(MSE))

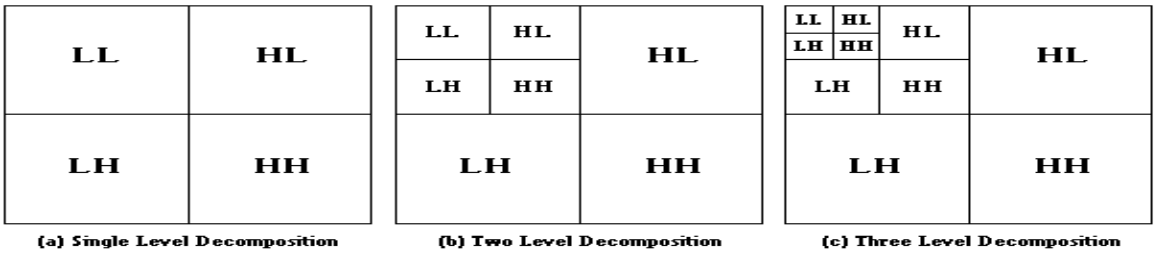
Nilai MSE yang rendah akan lebih baik, sedangkan nilai PSNR yang tinggi akan lebih baik.

ALGORITMA KOMPRESI/DEKOMPRESI CITRA

Algoritma umum untuk kompresi image adalah:

1. Menentukan bitrate dan toleransi distorsi image dari inputan user.
2. Pembagian data image ke dalam bagian-bagian tertentu sesuai dengan tingkat kepentingan yang ada (**classifying**).

   Menggunakan salah satu teknik: DWT (Discreate Wavelet Transform) yang akan mencari frekuensi nilai pixel masing-masing, menggabungkannya menjadi satu dan mengelompokkannya sebagai berikut:



(a) Single Level Decomposition (b) Two Level Decomposition (c) Three Level Decomposition

Dimana LL : Low Low Frequency (most importance)

HL : High Low Frequency (lesser importance)

LH : Low High Frequency (more lesser importance)

HH : High High Frequency (most less importance)



Hasil dekomposisi 3 level decomposition

3. Pembagian bit-bit di dalam masing-masing bagian yang ada (**bit allocation**).
4. Lakukan kuantisasi (**quantization**).
    - Kuantisasi Scalar : data-data dikuantisasi sendiri-sendiri
    - Kuantisasi Vector : data-data dikuantisasi sebagai suatu himpunan nilai-nilai vektor yang diperlakukan sebagai suatu kesatuan.
5. Lakukan pengenkodingan untuk masing-masing bagian yang sudah dikuantisasi tadi dengan menggunakan teknik entropy coding (huffman dan aritmatik) dan menuliskannya ke dalam file hasil.

Sedangkan algoritma umum dekompresi image adalah:

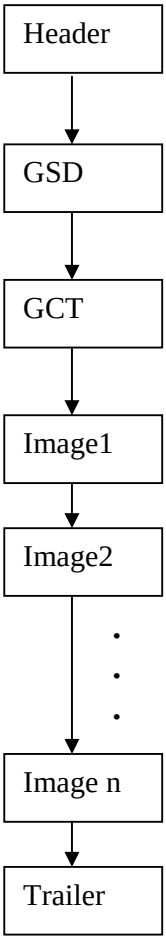
1. Baca data hasil kompresi menggunakan entropy dekoder.
2. Dekuantisasi data.
3. Rebuild image.

BEBERAPA METODE KOMPRESI CITRA

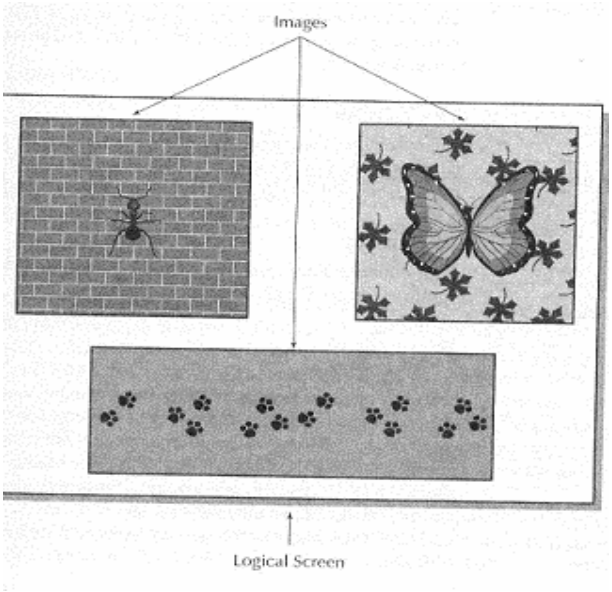
Algoritma	BMP	GIF	PNG	JPEG
RLE	**X**			**X**
LZ		**X**	**X**	
Huffman			**X**	**X**
DCT				**X**

TEKNIK KOMPRESI GIF

- GIF (Graphic Interchange Format) dibuat oleh Compuserve pada tahun 1987 untuk menyimpan berbagai file bitmap manjadi file lain yang mudah diubah dan ditransmisikan pada jaringan komputer.
- GIF merupakan format citra web yang tertua yang mendukung kedalaman warna sampai 8 bit (256 warna), menggunakan 4 langkah interlacing, mendukung transparency, dan mampu menyimpan banyak image dalam 1 file.
- Byte ordering: LSB – MSB
- Struktur file GIF:



  - Header: menyimpan informasi identitas file GIF (3 bytes, harus string “GIF“) dan versinya (3 bytes, harus string “87a“ or “89b“)
  - Global Screen Descriptor: mendefinisikan logical screen area dimana masing-masing file GIF ditampilkan.



  - Global Color Table: masing-masing image dalam GIF dapat menggunakan global color table atau tabel warnanya sendiri-sendiri. Penggunaan GCT akan memperkecil ukuran file GIF.
  - Image1, Image2, Image3, ... Image-n: dimana masing-masing image memiliki struktur blok sendiri-sendiri dan terminator antar file.

- Trailer: Akhir dari sebuah file GIF

- Kompresi GIF menggunakan teknik LZW: gambar GIF yang berpola horizontal dan memiliki perubahan warna yang sedikit, serta tidak bernoise akan menghasilkan hasil kompresan yang baik.

```
Global String DICTIONARY [0..511]
Global NEXTCODE = 256

Procedure Initialize
    Begin
    For I = 0 To NEXTCODE - 1 Do
    DICTIONARY [I] = CHARACTER (I)
    End

Function SearchDictionary (String SEARCH)
    Begin
    For I = 0 To NEXTCODE - 1 Do
        Begin
        If DICTIONARY [I] = SEARCH Then
            Return I
        End
    Return -1
    End

Procedure Compress (String DATA)
    Begin
    Initialize
    LASTSTRING = NULL
    For I = 1 To Length (DATA) Do
        Begin
        CurrentString = LASTSTRING + DATA [I]
        CODE = SearchDictionary (CURRENTSTRING)
        If CODE < 0 Then
            Begin
            // We now have a string with no match in the
            // dictionary. Output the code for the longest
            // string with a match.
            CODE = SearchDictionary (LASTSTRING)
            Output (CODE)
            // Add the nonmatching string to the dictionary.
            DICTIONARY [NEXTCODE] = CURRENTSTRING
            NEXTCODE = NEXTCODE + 1
            // Start a new string, beginning at the point
            // where we no longer had a match.
            LASTSTRING = DATA [I]
            End
        Else
            Begin
            // The current string has a match in the dictionary.
            // Keep adding to it until there is no match.
            LASTSTRING = CURRENTSTRING
            End
        End
    // Output what is left over.
    Output (SearchDictionary (LASTSTRING))
    End
```

A MAN A PLAN A CANAL PANAMA

Input	Output	New Code
A MAN A PLAN A CANAL PANAMA	A	
MAN A PLAN A CANAL PANAMA	<SPACE>	256='A<SPACE>'
MAN A PLAN A CANAL PANAMA	M	257='<SPACE>M'
AN A PLAN A CANAL PANAMA	A	258='MA'
N A PLAN A CANAL PANAMA	N	259='AN'
A PLAN A CANAL PANAMA	<SPACE>	260='N<SPACE>'
A PLAN A CANAL PANAMA	256	261='A'
PLAN A CANAL PANAMA	P	262='A<SPACE>P'
LAN A CANAL PANAMA	L	263='PL'
AN A CANAL PANAMA	259	264='LA'
A CANAL PANAMA	261	265='AN<SPACE>'
CANAL PANAMA	<SPACE>	266='<SPACE>A<SPACE>'
CANAL PANAMA	C	267='<SPACE>C'
ANAL PANAMA	259	268='CA'
AL PANAMA	A	269='ANA'
L PANAMA	L	270='AL'
PANAMA	<SPACE>	271='L<SPACE>'
PANAMA	P	272='<SPACE>P'
ANAMA	269	273='PA'
MA	258	274='ANAM'

- LZW kurang baik digunakan dalam bilevel (hitam-putih) dan true color
- Format file GIF:
    - GIF87a: mendukung interlacing dan mampu manyimpan beberapa image dalam 1 file, ditemukan tahun 1987 dan menjadi standar.
    - GIF89a: kelanjutan dari 87a dan ditambahkan dengan dukungan transparency, mendukung text, dan animasi.
- Animated GIF: tidak ada standar bagaimana harus ditampilkan sehingga umumnya image viewer hanya akan menampilkan image pertama dari file GIF. Animated GIF memiliki informasi berapa kali harus diloop.
- Tidak semua bagian dalam animated GIF ditampilkan kembali, hanya bagian yang berubah saja yang ditampilkan kembali.

TEKNIK KOMPRESI PNG

- PNG (Portable Network Graphics) digunakan di Internet dan merupakan format terbaru setelah GIF, bahkan menggantikan GIF

untuk Internet image karena GIF terkena patent LZW yang dilakukan oleh Unisys.

- Menggunakan teknik loseless dan mendukung:
  - Kedalaman warna 48 bit
  - Tingkat ketelitian sampling: 1,2,4,8, dan 16 bit
  - Memiliki alpha channel untuk mengkontrol transparency
  - Teknik pencocokan warna yang lebih canggih dan akurat
- Diprakarsai oleh Thomas Boutell dari PNG Development Group, dan versi finalnya direlease pada 1 Oktober 1996, 1,5 tahun sejak project berjalan.
- Byte ordering: MSB-LSB
- Format penamaan file PNG diatur ke dalam suatu urutan blok biner yang disebut sebagai “chunk“ (gumpalan), yang terdiri dari:
  - Length (4 bytes), berupa informasi ukuran PNG
  - Type (4 byte), berupa informasi nama chunk

    Nama chunk terdiri dari 4 karakter ASCII dengan spesifikasi:
    - Karakter ke-1,2, dan 4 boleh uppercase/lowercase
    - Jika karakter ke-1 uppercase, berarti **critical chunk** (harus valid), contohnya: IHDR, PLTE, IDAT, dan IEND.
    - Jika karakter ke-1 lowercase, berarti **non-critical chunk** (contohnya: bKGD, cHRM, gAMA, hIST, pHYs, sBIT, tEXt, tIME, tRNS, zTXt)
    - Jika karakter ke-2 uppercase, berarti public (PNG Standard)
    - Jika karakter ke-2 lowercase, berarti private PNG
    - Jika karakter ke-4 lowercase, berarti save-to-copy
    - Jika karakter ke-4 uppercase, berarti unsave-to-copy
    - Karakter 3 harus uppercase

    Contoh penamaan:

    IHDR: critical, public, unsafe to copy

    gAMA: noncritical, public, unsafe to copy

pHYs: noncritical, public, safe to copy

apPx: noncritical, private, safe to copy

A1PX: invalid

ApPx: critical, private, safe to copy

apPX: noncritical, private, unsafe to copy

aaaX: invalid

- Data (ukuran dinamis), berupa data PNG.
- CRC (Cyclic Redundancy Check), berupa CRC-32 untuk pendeteksian error checking pada saat transmisi data.

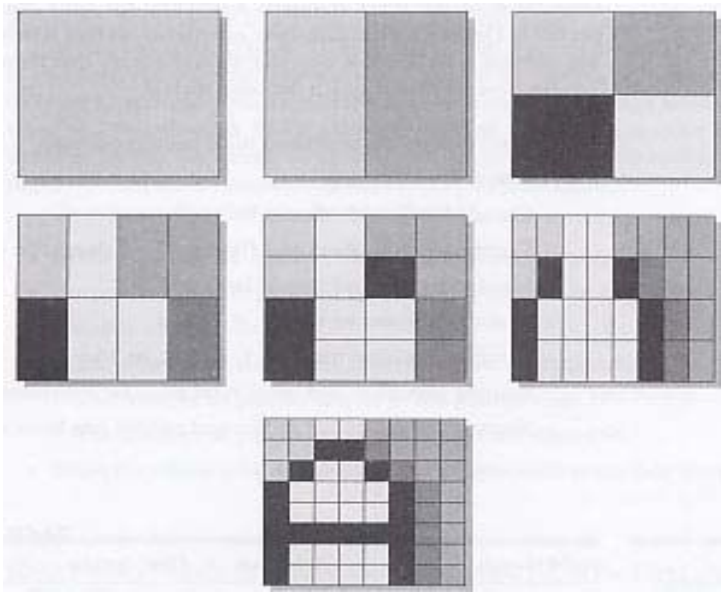
  Proses PNG decoder adalah sebagai berikut:

  - Baca chunk data size
  - Baca dan simpan chunk type
  - Jika ukuran chunk data lebih besar daripada data buffer, alokasikan buffer yang lebih besar
  - Baca chunk data
  - Hitung CRC value dari chunk data
  - Baca CRC dari file yang diterima
  - Bandingkan hasil perhitungan CRC dengan CRC dari file, jika tidak sama, berarti chunk invalid, minta kirim ulang.

- Sedangkan struktur file PNG adalah:
  - PNG Signature: tanda file PNG
  - IHDR chunk: menyimpan dimension, depth, dan color type
  - PLTE chunk: untuk PNG yang menggunakan color palette type
  - IDAT chunk 1, IDAT chunk 2, IDAT chunk 3, ... IDAT chunk-n
  - IEND chunk: end of PNG image
- PNG mendukung 5 cara untuk merepresentasikan warna, dimana tipe warna disimpan dalam bagian IHDR chunk:
  - RGB Triple (R,G, dan B): untuk 8 atau 16 bits
  - Color Palette: yang disimpan dalam PLTE chunk dengan bit depth 1,2,4 atau 8.

- Grayscale: 1 komponen warna per image, bisa digunakan untuk semua bit depth.
- RGB Alpha Channel:
  - agar image dan background dapat dikombinasikan
  - untuk mengkontrol transparency
  - hanya bisa digunakan pada bit depth 8 atau 16 bits
  - jika alpha channel 0 berarti 100% transparan, sehingga background terlihat seutuhnya.
  - Jika alpha channel $2^{\text{image bit depth}}$ -1 berarti fully opaque, sehingga background sama sekali tidak terlihat karena tertutup oleh image.
- Grayscale with Alpha Channel: hanya bisa 8/16 bits

- PNG mendukung interlacing yang disebut Adam 7, yang menginterlace berdasarkan pixel daripada berdasarkan baris. Adam akan membagi image ke dalam 8x8 pixel, yang akan diupdate dalam 7 fase interlacing sebagai berikut:



- Teknik kompresi yang digunakan adalah Deflate yang merupakan kelanjutan dari algoritma Lempel-Ziv. Cara kerja Deflate sama dengan LZW dan melakukan scanning secara horisontal.

TEKNIK KOMPRESI JPEG

- JPEG (Joint Photograpic Experts Group) menggunakan teknik kompresi lossy sehingga sulit untuk proses pengeditan.
- JPEG cocok untuk citra pemandangan (natural generated image), tidak cocok untuk citra yang mengandung banyak garis, ketajaman warna, dan computer generated image
- JPEG's compression models:
  - **Sequential**: kompresi dilakukan secara top-down, left-right menggunakan proses single-scan dan algoritma Huffman Encoding 8 bit secara sekuensial

```
While MORESCANS do
Begin
      ReadScanData
End
PerformDCT
ColorConvert
DisplayImage
```

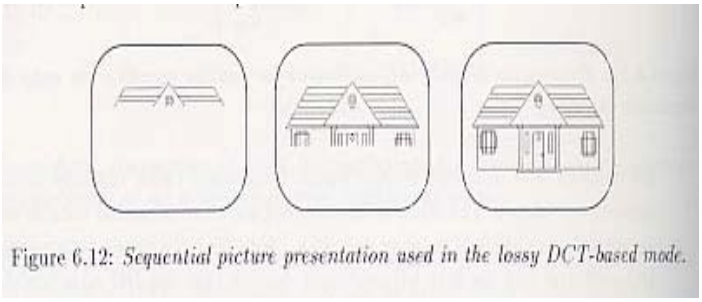
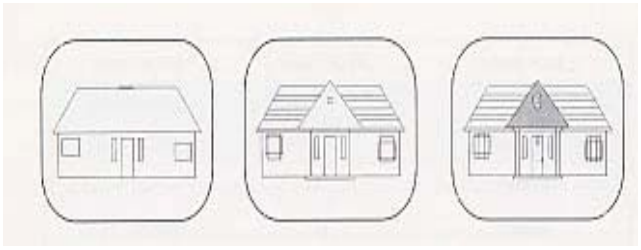


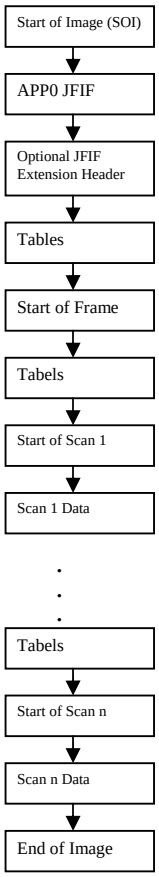
Figure 6.12: *Sequential picture presentation used in the lossy DCT-based mode.*

  - Progressive: kompresi dilakukan dengan multiple-scan secara progresif, sehingga kita dapat mengira-ira gambar yang akan kita download.

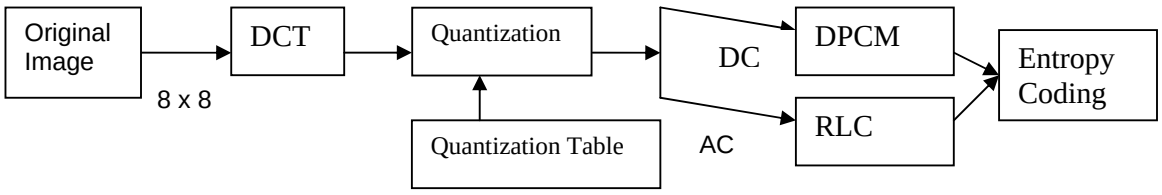
```
While MORESCANS do
Begin
      ReadScanData
      PerformDCT
      ColorConvert
      DisplayImage
End
```



  - **Hierarchical**: super-progressive mode, dimana image akan dipecah-pecah menjadi sub image yang disebut frame. Frame pertama akan membentuk image dalam resolusi rendah hingga berangsur-angsur ke resolusi tinggi.
  - Loseless (JPEG-LS): exact image
- JPEG merupakan nama teknik kompresi, sedangkan nama format filenya adalah JFIF (JPEG File Interchange Format)



- Tingkat kompresi yang baik untuk JPEG adalah 10:1-20:1 untuk citra foto, 30:1-50:1 untuk citra web, dan 60:1-100:1 untuk kualitas rendah seperti citra untuk ponsel.
- Byte order: MSB-LSB
- Tahapan kompresi JPEG:
  - Sampling: adalah proses pengkonversian data pixel dari RGB ke YUV/YIQ dan dilakukan down sampling. Biasanya sampling dilakukan per 8x8 blok, semakin banyak blok yang dipakai makin bagus kualitas sampling yang dihasilkan.
  - DCT (Discreate Cosine Transform) : hasil dari proses sampling akan digunakan sebagai inputan proses DCT, dimana blok 8x8 pixels akan diubah menjadi fungsi matriks cosinus
  - Quantization: proses membersihkan koefisien DCT yang tidak penting untuk pembentukan image baru. Hal ini yang menyebabkan JPEG bersifat lossy.
  - Entropy Coding: proses penggunaan algoritma entropy, misalnya Huffman atau Aritmatik untuk mengenkodekan koefisien hasil proses DCT yang akan mengeliminasi nilai-nilai matriks yang bernilai nol secara zig-zag order.



- Dalam JPEG terdapat beberapa “marker“ sebagai tanda yang memisahkan antar komponennya yang berukuran 2 bytes, dimana byte pertama selalu bernilai FF_{16} sedangkan bit kedua bisa berupa:
  - APP_n: untuk menghandle application specific data, misalnya informasi tambahan yang ada dalam JPEG

    - COM (Comment): untuk memberikan komentar plain text string seperti copyright.
    - DHT (Define Huffman Table): menyimpan tabel kode-kode Algoritma Huffman
    - DRI (Define Resart Interval): sebagai tanda resart interval
    - DQT (Define Quantization Table): mendefinisikan tabel kuantisasi yang digunakan dalam proses kompresi
    - EOI (End of Image): tanda akhir file JPEG
    - RST_n: restart marker
    - SOI (Start of Image): tanda awal image
    - SOF_n: start of frame
    - SOS: start of scan
- Secara umum JPEG/JFIF file menyimpan informasi:
    - Signature untuk mengidentifikasikan JPEG file
    - Colorspace
    - Pixel density
    - Thumbnails
    - Relationship of pixels to sampling frequency

JPEG 2000

- Adalah pengembangan kompresi JPEG.
- Didesain untuk internet, scanning, foto digital, remote sensing, medical imegrey, perpustakaan digital dan e-commerce
- Kelebihan:
    - Dapat digunakan pada bit-rate rendah sehingga dapat digunakan untuk network image dan remote sensing
    - Menggunakan Lossy dan loseless tergantung kebutuhan bandwidth. Loseless digunakan untuk medical image
    - Transmisi progresif dan akurasi & resolusi pixel tinggi
    - Menggunakan Region of Interest (ROI)

- Robustness to bit error yang digunakan untuk komunikasi jaringan dan wireless
- Open architecture: single compression/decompression
- Mendukung protective image security: watermarking, labeling, stamping, dan encryption
- Mendukung image ukuran besar 64k x 64k, size up to 2^{32} - 1
- Mendukung meta data dan baik untuk computer-generated imagenary. Dulu JPEG standar baik untuk natural imagenary.