



REPRESENTASI DATA & KOMPRESI - IMAGE

Image representation

- Gambar (image) merupakan suatu representasi spatial dari suatu obyek, dalam pandangan 2D atau 3D

Menurut wikipedia.org: image/picture is an artifact that reproduces the likeness of some subject—usually a physical object or a person. Gambar 2 dimensi bisa berasal dari: kamera, kaca, lensa, teleskop benda buatan manusia, biasanya dua dimensi, yang mempunyai kemiripan dengan suatu obyek—biasanya obyek-obyek fisik atau manusia.

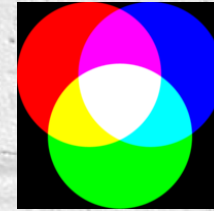
- Gambar digital merupakan suatu fungsi dengan nilai-nilai yang berupa **intensitas cahaya pada tiap-tiap titik** pada bidang yang telah diquantisasikan (diambil sampelnya pada interval diskrit).

Image representation

- Pixel is represented by bits in “color” space

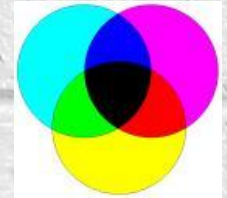
- RGB (Red-Green-Blue) in CRT

- additive color



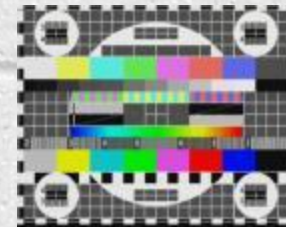
- CMY (Cyan-Magenta-Yellow) in printing

- subtractive color



- YUV for black-white/color TV

- luminance/chrominance



- Gambar 2 dimensi bisa berasal dari: kamera digital maupun scanning gambar tercetak.
- Gambar digital merupakan suatu fungsi dengan nilai-nilai berupa intensitas cahaya pada tiap-tiap titik pada bidang yang telah dikuantisasikan
- Titik dimana suatu gambar di-sampling disebut *picture element* (pixel).

- Nilai intensitas warna pada suatu pixel disebut *gray scale level*.
 - 1 bit → *binary-valued image* (0 - 1)
 - 8 bits → *gray level* (0 - 255)
 - 16 bits → *high color* (2^{16})
 - 24 bits → 2^{24} *true color*
 - 32 bits → *true color* (2^{32})

Format gambar digital memiliki 2 parameter:

- *spatial resolution* → pixels X pixels
- *color encoding* → bits / pixel
- Jika suatu gambar disimpan maka yang disimpan adalah array 2D yang merepresentasikan data warna pixel tersebut. $\text{Array}[x,y] = \text{warna pixel}$

Misal: terdapat gambar berukuran 100 pixels x 100 pixels dengan color encoding 24 bits dengan R=8bits, G=8bits, B=8bits per pixel, maka color encoding akan mampu mewakili 0 .. 16.777.215 (mewakili 16 juta warna), dan ruang disk yang dibutuhkan = $100 * 100 * 3$ byte (karena RGB) = 30.000 bytes = 30KB atau $100 * 100 * 24\text{bits} = 240000\text{bits}$

Perhitungan :

100 pixel



100 pixel

*RGB 24 bits

1. Berapa warna yang dapat dikelola dari color encoding resolution tersebut ?
2. Berapa ruang disk yang diperlukan untuk menyimpan gambar dengan ukuran disamping ?

Jwb :

1. $24 \text{ bit} = 2^{24} = 16.777.215$ (16 juta warna)
2. $100 \times 100 \times 3 \text{ byte} = 30.000 \text{ bytes} = 30 \text{ KB}$
atau $100 \times 100 \times 24 \text{ bits} = 240000 \text{ bits}$

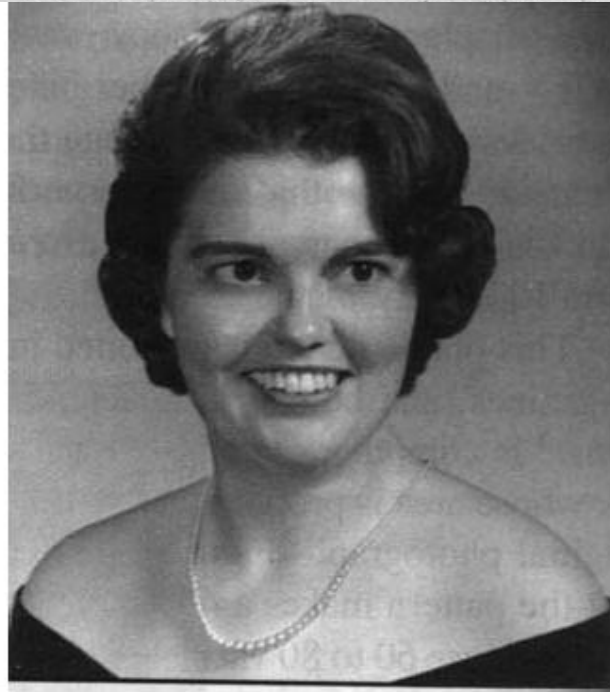
Image Storage and Display

Tabel 2.1 Resolusi Display dan Kebutuhan Memori

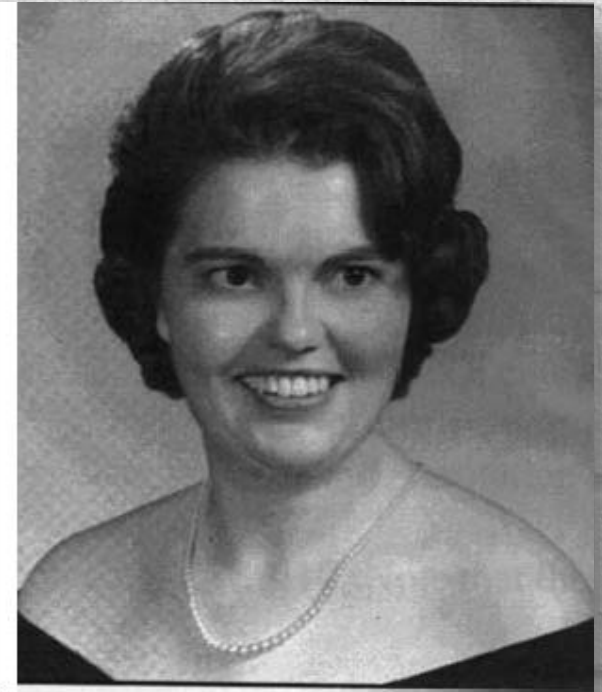
Standard	Resolusi	Warna	Kebutuhan memory/ frame (<i>bytes</i>)
VGA	640 x 480	8 bit	307.2 KB
XGA	640 x 480	16 bit	614.4 KB
	1024 x 768	8 bit	786.432 KB
SVGA	800 x 600	16 bit	960 KB
	1024 x 768	8 bit	786.432 KB
	1024 x 768	24 bit	359.296 KB



Continuous-Tone



64 intensity



32 intensity



16 intensity



8 intensity



4 intensity



2 intensity



2 intensity (perbesaran)

Digital Picture

- *Digitized Picture*: gambar yang dicapture dari video camera, VCR, kamera digital.

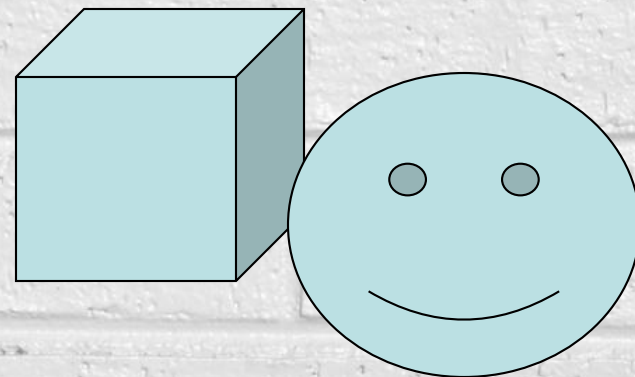
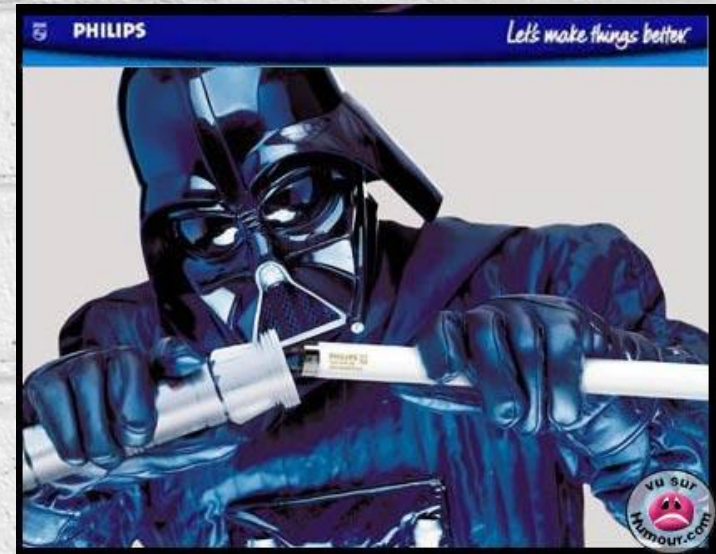


GRAPHICS

- Graphics are visual presentations on some surface such as a wall, canvas, computer screen, paper or stone to inform, illustrate or entertain
- Grafis yang presentasi visual pada permukaan beberapa seperti dinding, kanvas, layar komputer, kertas atau batu untuk menginformasikan, menggambarkan atau menghibur

Jenis Grafik

- **Gambar Bitmap (Raster):** dalam piksel-piksel
- **Gambar Vektor:** yg disimpan adalah instruksi untuk menghasilkan bentuk gambar dasar: garis, kurva, lingkaran



- Grafik merupakan gambar statis, grafik dapat dimanipulasi secara :
 - Motion dynamic (obyek/background bergerak)
 - Update dynamic (obyek berubah bentuk, warna)



Bitmap vs Vektor

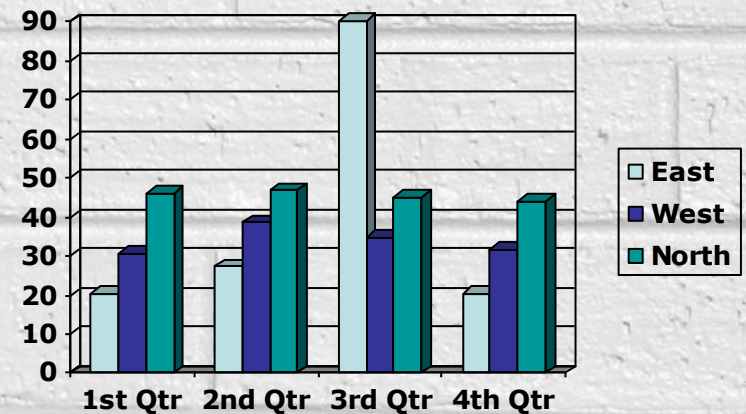
Tabel 2.3 Bitmap vs. Vektor

	Bitmap	Vektor
<i>Display speed</i>	X	
<i>Image Quality</i>	X	
<i>Memory Usage</i>		X
<i>Ease of Editting</i>		X
<i>Display Independence</i>		X

Vektor	Bitmap
Disusun oleh objek geometris yang dibuat berdasarkan perhitungan matematis	Disusun oleh objek yang disebut pixel
Sifatnya resolution independent	Sifatnya resolution dependent atau dipengaruhi resolusi
Pengaruh perbesaran tidak pecah, blur atau rusak	Pengaruh perbesaran pecah, blur dan rusak jika melewati batas toleransi tampilan
Ukuran penyimpanan relatif kecil	Ukuran penyimpanan relatif besar
Digunakan untuk ilustrasi dengan bentuk geometris sederhana, warna solid atau gradasi tanpa terlalu banyak variasi warna. Cocok untuk logo dan jenis desain yang mengandalkan kesederhanaan bentuk.	Digunakan untuk gambar kompleks, berupa ragam warna dan bentuk yang beraneka, seperti foto dari hasil bidikan kamera.
Format penyimpanan bisa berupa AI, CDR, FH, EPS	Format penyimpanan PSD, TIF, JPEG, GIF, BMP
Program yang digunakan adalah CorelDraw, Adobe Illustrator, Macromedia Freehand	Software yang digunakan adalah Adobe Photoshop , Corel Photopaint, MS Paint

OBJEK: IMAGE

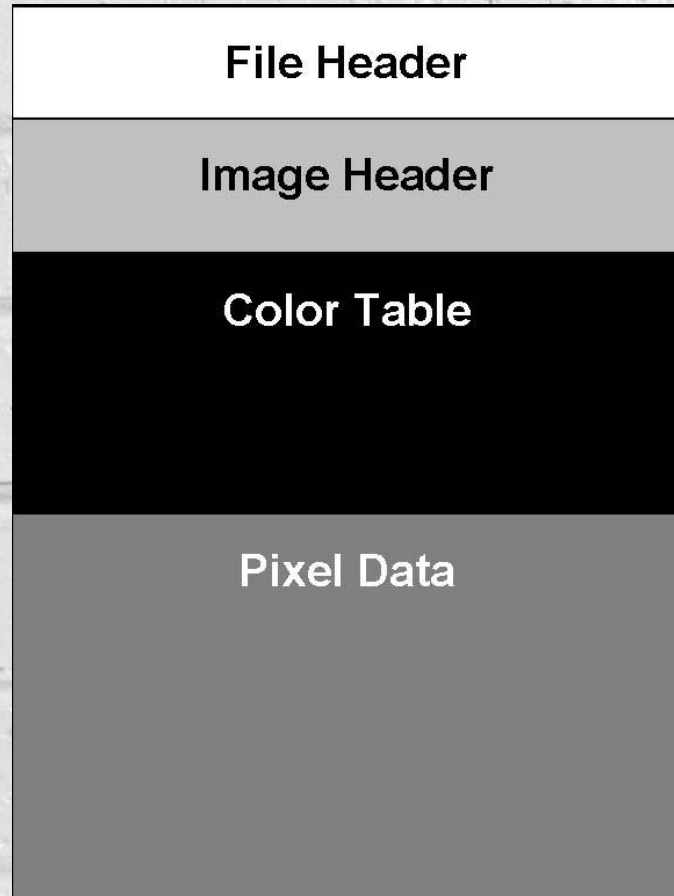
- *Clip Art*
- *Chart*
- *Hyperpicture*: gambar yang mempunyai kaitan (link) dengan objek lain



Bitmap (BMP)

- Bitmap adalah istilah untuk *image* 2 dimensi.
- Awalnya adalah Microsoft yang membuat standar file bitmap untuk image 2 dimensi dengan ekstensi file (.bmp).
- Ini merupakan format standar *raw* data gambar digital.
- Struktur file BMP terdiri dari 4 bagian, yaitu: *File Header*, *Image Header*, *Color Table* dan *Data Pixel*.
- Header file BMP (*File Header* + *Image Header* + *Color Table*) biasanya sebesar **54** byte.

Struktur File BMP



Format File Image (BItmap)

- [ART](#) - [America Online](#) proprietary format.
- [BMP](#)
- [DjVu](#) - DjVu for scanned documents
- [GIF](#) - CompuServe's Graphics Interchange Format
- [MNG](#) - Multiple Network Graphics, the animated version of PNG.
- [MSP](#) - a file format used by old versions of Microsoft Paint.
Replaced with BMP in Microsoft Windows 3.0.
- [JNG](#) - a single-frame MNG using JPEG compression and possibly an alpha channel.
- [JPEG](#), [JFIF](#) (.jpg or .jpeg) - a lossy image format widely used to display photographic images.
- [JP2](#) - JPEG2000
- [PBM](#) - Portable BitMap

Format File Image (Bitmap)

- [PCX](#) - an lossless format used by ZSoft's PC Paint, popular at one time on DOS systems.
- PGM - Portable Graymap
- [PICT](#) - Apple Macintosh PICT image
- [PNG](#) - Portable Network Graphic (lossless, recommended for display and edition of graphic images)
- [PPM](#) - Portable Pixmap
- [PSD](#) - Adobe Photoshop Drawing
- [PSP](#) - Jasc Paint Shop Pro image
- [RLE](#) - a run-length encoded image.
- SGI - Silicon Graphics image
- [TGA](#) - Truevision Targa image file
- [TIFF](#) (.tif or .tiff) Tagged Image File Format (usually lossless, but many variants exist, including lossy ones.)
- XBM - X Window System Bitmap
- [XPM](#) - X Window System Pixmap

Format File Image (Vektor)

- [AWG](#) - Ability Draw
- AI - Adobe Illustrator Document
- [CGM](#) - Computer Graphics Metafile an ISO Standard
- CMX - Corel Draw vector image
- [DXF](#) - ASCII Drawing Interchange file format, used in AutoCAD
- [SVG](#) - Scalable Vector Graphics, employs XML
- Scene description languages (3D vector image formats)
 - [MOVIE.BYU](#)
 - [RenderMan](#)
 - [VRML](#) - Virtual Reality Modeling Language
 - [X3D](#)

2. Graphics (*illustrating*)

- Make use of pictures to effectively deliver your messages.

penggunaan gambar secara efektif dapat menyampaikan pesan-pesan Anda

- -- *"A picture is worth ten-thousand words."*



- **Color Themes** -- be consistent with the contents
 - Pastels, earthtones,
 - metallic colors,
 - primary colors,
 - neon colors



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.

Kompresi Citra

- Citra hitam-putih: hanya ada 2 warna. Tiap piksel hanya memuat informasi sebanyak 1 bit (0 atau 1)
- representasi



Kompresi Citra

- Citra grayscale: berupa gradasi warna abu-abu sebanyak 256 warna. Tiap piksel memuat informasi warna sebanyak 8-bit (0-255).
- representasi

■ Citra grayscale



Kompresi Citra

- Citra warna: berupa gradasi warna mulai dari 256 warna sampai 16 juta. Tiap piksel bisa menyimpan informasi warna mulai dari 8-bit sampai dengan 24-bit. Citra 24 bit terdiri dari 3 komponen warna: R, G, B

■ Citra berwarna



Teknik Kompresi Citra

- Teknik kompresi 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.

Teknik Kompresi Citra

- **Lossy Compression:**
- Biasanya digunakan pada citra foto atau image lain yang tidak terlalu memerlukan detail citra, dimana kehilangan bit rate foto tidak berpengaruh pada citra.

Teknik Kompresi 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.

Color reduction

Mengurangi kedalaman warna (colour depth reduction)

- Biasanya digunakan pada citra berwarna
- Misalnya mereduksi citra dengan *colour space 24-bit menjadi 16-bit atau 8-bit*
- Menggunakan tabel warna Tabel warna ditentukan berdasarkan tabel warna yang sudah disepakati (*standard colour palette, web colour palette, dsb*) atau menggunakan segmentasi citra Computer Vision

Color reduction

Kompresi Citra – Colour Depth

Contoh palet:

A4803	A4808	A4811	A4815	A4826	A4833
A4834	A4841	A4842	A4843	A4852	A4854
A4855	A4856	A4857	A4861	A4873	A4907
A4908	A4924	A4925	A4927	A4928	A4943
A4946	A4954	A4957	A4958	A4960	A4965
A4970	A4977	C9513	C9526	C9560	C9582

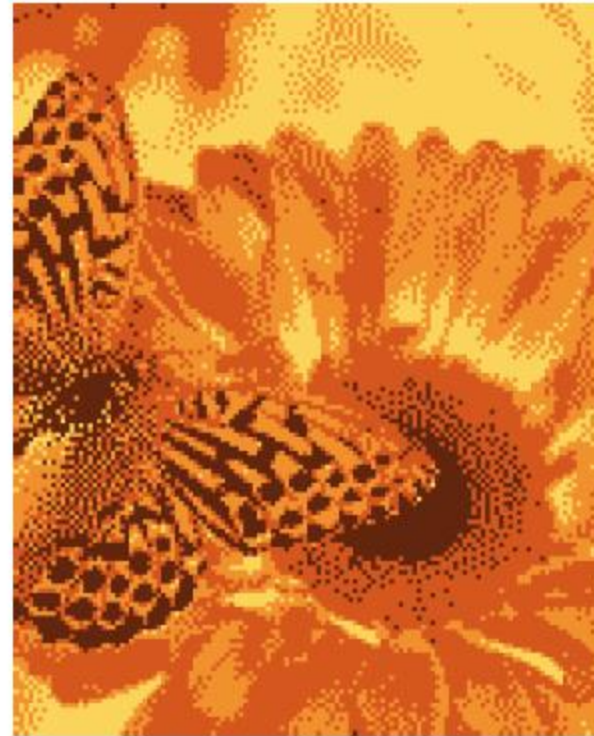
Nilai warna asli dari sebuah piksel diasosiasikan ke warna terdekat yang ada di dalam palet.

	00	33	66	99	CC	FF
00 xx						
33 xx						
66 xx						
99 xx						
CC xx						
FF xx						

Contoh

Kompresi Citra – Colour Depth

Contoh pengurangan *colour depth*:



Chroma subsampling

- Metode subsampling tidak menyimpan semua piksel, tetapi hanya sebagian saja, misalnya 10 persen dari citra, disebut subsample
- Sub-sample tersebut pada saat dekompresi digunakan untuk merekonstruksi sekelompok piksel dengan jumlah dan warna sama dengan subsamplanya.
- Hanya cocok diterapkan pada gambar dengan pola, karena memiliki tingkat *loss* yang tinggi.

Teknik Kompresi Citra

- Transform coding: menggunakan Fourier Transform seperti DCT.
 - Fractal Compression: adalah suatu metode lossy untuk mengompresi 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.

Teknik Kompresi Citra

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

METODE SHANNON-FANO

Metode pengkodean yg banyak diterapkan untuk aplikasi kompresi citra, metode ini membentuk pohon atas dasar probabilitas setiap simbol. Dikembangkan oleh Claude Shannon dari Bell Labs dan RM Fano dari MIT

IMPLEMENTASI METODE SHANNON-FANO

pesan yang dikompresi :

BCEEDDBBAAAABEEEDDDCCCAAACCDAAAABBBAAA

1. Frekuensi kemunculan :

Simbol	frekuensi
A	15
B	7
C	6
D	6
E	5

IMPLEMENTASI METODE SHANNON-FANO

pesan yang dikompresi :

BCEEDDBBAAAABEEEDDDCCCAAACCDAAAABBBAAA

2. Pembagian didasari pada total frekuensi

Simbol	frekuensi	
A	15	0
B	7	0
C	6	1
D	6	1
E	5	1

22

pembagian

17

IMPLEMENTASI METODE SHANNON-FANO

pesan yang dikompresi : **BCEEDDBBAAAABEEEDDDCCCAAACCDAAAABBBAAAA**

3. Proses pembagian kemudian direkursif terhadap bagian atas dan bagian bawah

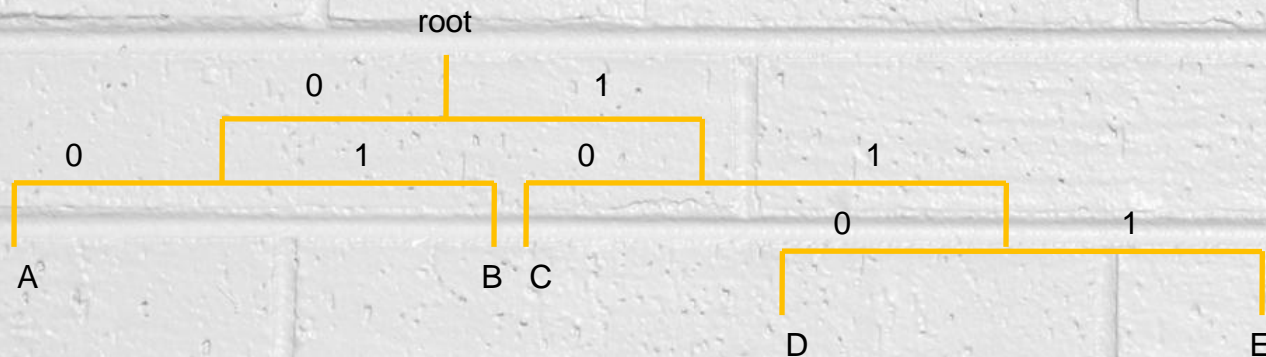
Simbol	frekuensi				
A	15	0	0		Pembagian kedua
B	7	0	1		Pembagian pertama
C	6	1	0		Pembagian ketiga
D	6	1	1	0	
E	5	1	1	1	Pembagian keempat

IMPLEMENTASI METODE SHANNON-FANO

pesan yang dikompresi :

BCEEDDBBAAAABEEEDDDCCCAAACCDAAAABBBAAAA

4. Membentuk tree shannon-fano dari pengkodean



IMPLEMENTASI METODE SHANNON-FANO

pesan yang dikompresi :

BCEEDDBBAAAABEEEDDDCCCAAACCDAAAABBBAAAA

5. Dikodekan dengan panjang dan kode shannon-fano

Simbol	frekuensi	kode	Panjang kode	Total bit
A	15	00	2	30
B	7	01	2	14
C	6	10	2	12
D	6	110	3	18
E	5	111	3	15

IMPLEMENTASI METODE SHANNON-FANO

pesan yang dikompresi : **BCEEDDBBAAAABEEEDDDCCCAAACCDAAAABBBAAA**

6. Berdasarkan tabel bit yang dibutuhkan untuk mewakili pesain diatas adalah 89 bit. Sedangkan bila menggunakan ASCII 8 bit, dibutuhkan 39×8 bit = 312 bit, sehingga kompresi rasionya adalah

$$C_R = \frac{312}{89} = 3.15$$

Sedangkan redudansi datanya

$$C_R = 1 - \frac{1}{3.15} = 0.71$$

Hal Penting Dalam Kompresi Citra

- 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.

Hal Penting Dalam Kompresi Citra

- Tipe scalability:
 - **Quality progressive:** dimana image dikompres secara perlahan-lahan dengan penurunan kualitasnya
 - **Resolution progressive:** dimana image dikompresi dengan mengencode resolusi image yang lebih rendah terlebih dahulu baru kemudian ke resolusi yang lebih tinggi.
 - **Component progressive:** dimana image dikompresi berdasarkan komponennya, pertama mengencode komponen gray baru kemudian komponen warnanya.

Hal Penting Dalam Kompresi Citra

- **Region of Interest Coding:** daerah-daerah tertentu diencode dengan kualitas yang lebih tinggi daripada yang lain.
- **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.
- **Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)**, yaitu untuk menghitung peak error.
- 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:
- Menentukan bitrate dan toleransi distorsi image dari inputan user.
- 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

Algoritma Kompresi / Dekompresi Citra

- Pembagian bit-bit di dalam masing-masing bagian yang ada (**bit allocation**).
- 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.
- Lakukan pengenkodingan untuk masing-masing bagian yang sudah dikuantisasi tadi dengan menggunakan teknik entropy coding (huffman dan aritmatik) dan menuliskannya ke dalam file hasil.

Algoritma Kompresi / Dekompresi Citra

- Sedangkan algoritma umum dekompresi image adalah:
 - Baca data hasil kompresi menggunakan entropy dekoder.
 - Dekuantisasi data.
 - 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 menjadi 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

Teknik Kompresi 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.
- LZW kurang baik digunakan dalam bilevel (hitam-putih) dan true color
- Format file GIF:
 - GIF87a: mendukung interlacing dan mampu menyimpan beberapa image dalam 1 file, ditemukan tahun 1987 dan menjadi standar.
 - GIF89a: kelanjutan dari 87a dan ditambahkan dengan dukungan transparency, mendukung text, dan animasi.

Teknik Kompresi GIF

- 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.

Teknik Kompresi PNG

- Menggunakan teknik loseless dan mendukung:
 - Kedalaman warna 48 bit
 - Tingkat ketelitian sampling: 1,2,4,8, dan 16 bit
 - Memiliki alpha channel untuk mengontrol transparency
 - Teknik pencocokan warna yang lebih canggih dan akurat

Teknik Kompresi JPG

- JPEG (Joint Photographic 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 2000

- Adalah pengembangan kompresi JPEG.
- Didesain untuk internet, scanning, foto digital, remote sensing, medical imegrey, perpustakaan digital dan e-commerce

JPEG 2000

- 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

JPEG 2000

- Kelebihan:
 - Open architecture: single compression/decompression
 - Mendukung protective image security: watermarking, labeling, stamping, dan encryption
 - Mendukung image ukuran besar 64k x 64k, size up to 232 - 1
 - Mendukung meta data dan baik untuk computer-generated imagery. Dulu JPEG standar baik untuk natural imagery.

TIFF (Tagged Image File Format)

- Dikembangkan oleh Aldus Corporation, tahun 80-an
- Dalam perkembangannya didukung oleh Microsoft
- Mendukung adanya pengalokasian untuk informasi tambahan (tag) → fleksibel
- Tag terpenting : format signifier (tipe kompresi)
- Dapat menyimpan berbagai tipe gambar : 1 bit, grayscale, 8 bit, 24 bit RGB, dll

EXIF (Exchange Image File)

- Format gambar untuk kamera digital
- Dikembangkan tahun 1995, versi 2.2 dipublikasikan tahun 2002 oleh Japan Electronics and Information Technology Industries Association (JEITA)
- EXIF yang dikompres menggunakan sistem JPEG
- Memungkinkan penambahan tag untuk kualitas cetak yang lebih baik

EXIF (Exchange Image File)

- Penyimpanan informasi kamera dan kondisi pengambilan gambar (flash, exposure, light source, white balance, type of scene) → dipergunakan printer untuk color-correction algorithm
- Menyertakan spesifikasi untuk format file audio yang menyertai gambar
- Mendukung tag untuk informasi yang dipergunakan untuk konversi ke FlashPix (dikembangkan Kodak)

Graphic Animation Files

- FLC dikembangkan oleh Animation Pro
- GIF89

PS dan PDF

- Penting untuk typesetting dan kebanyakan printer high-end memiliki
- PostScript interpreter
- Berbasis vektor
- Software : Illustrator, Freehand
- Untuk file (text) yang disertai gambar : PDF (Portable Document Format)

Windows Media Format (WMF)

- Berbasis vektor
- Dikembangkan Microsoft
- Terdiri dari kumpulan Graphics Device Interface (GDI) → melakukan proses rendering

Windows BMP (Bitmap)

- Format file standard untuk Microsoft Windows
- Menggunakan kompresi RLE
- Dapat menyimpan gambar 24 bit

Macintosh **PAINT** dan **PICT**

- PAINT dipergunakan pada program MacPaint. Hanya mengenali gambar 1 bit monokrom
- PICT dipergunakan pada MacDraw (basis vektor) untuk penyimpanan yang terstruktur

X Windows PPM (Portable PixMap)

- Untuk sistem X Windows
- Mendukung warna 24 bit, dan dapat dimanipulasi dengan editor XV

Sumber

- Diktat Kuliah Fakultas Teknik Informatika UKDW
- Wikipedia.org
- Pengolahan Citra Digital, Darma Putra, Andi Offset , Yogyakarta, 2009