



Citra Digital

Petrus Paryono

Erick Kurniawan - erick.kurniawan@gmail.com

Esther Wibowo - esther.visual@gmail.com

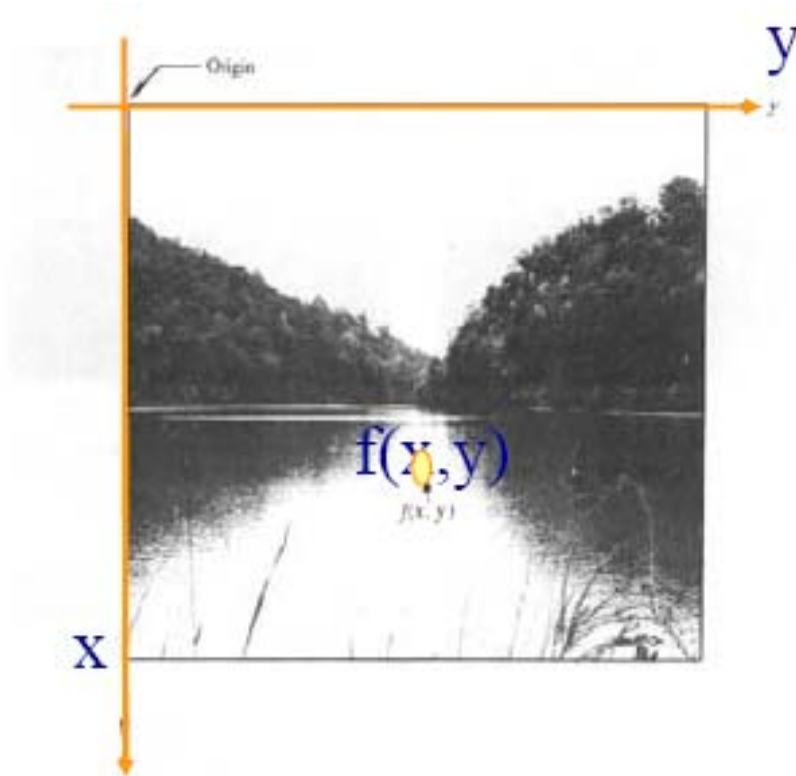
Studi Tentang Pencitraan

Input/Output	Image	Description
Image	Image Processing	Computer Vision
Description	Computer Graphics	AI

Raster dan Pixel

- Citra Digital tersusun dalam bentuk raster (*grid* atau kisi)
- Setiap kotak (*tile*) yang terbentuk disebut pixel (*picture element*) dan memiliki koordinat (x,y)
 - Sumbu x (horizontal): kolom (*column*), sampel (*sample*)
 - Sumbu y (vertikal): baris (*row, line*)
- Setiap pixel memiliki nilai (*value* atau *number*) yang menunjukkan intensitas keabuan pada pixel tersebut.

Representasi Citra Digital



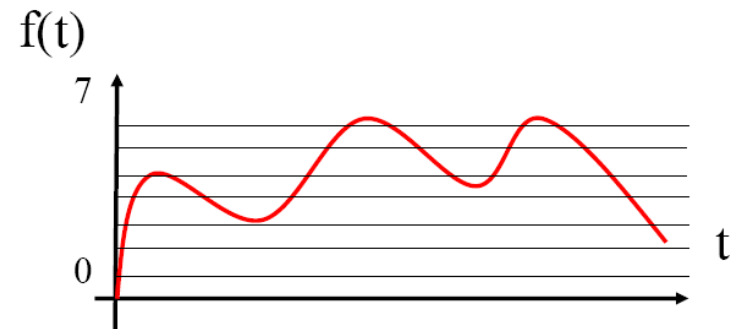
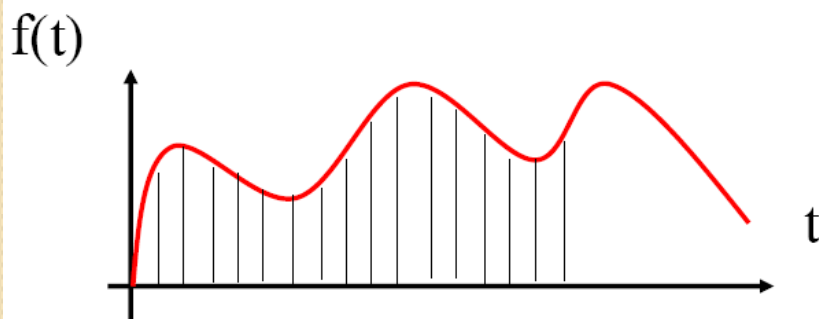
- **Citra digital :**
citra $f(x,y)$ yang telah di-digitalisasi baik koordinat area maupun *brightness level*.
- Nilai f di koordinat $(x,y) = \textit{brightness /grayness level}$ dari citra pada titik tersebut.

Sampling dan Kuantisasi (1)

- Untuk mengkonversi objek yang diindera oleh sensor menjadi citra digital diperlukan dua proses:
 - ***Sampling***: mendigitasi nilai koordinat objek - digitalisasi spasial
 - **Kuantisasi (*quantization*)**: mendigitalisasi nilai intensitas (amplitudo) sinyal objek

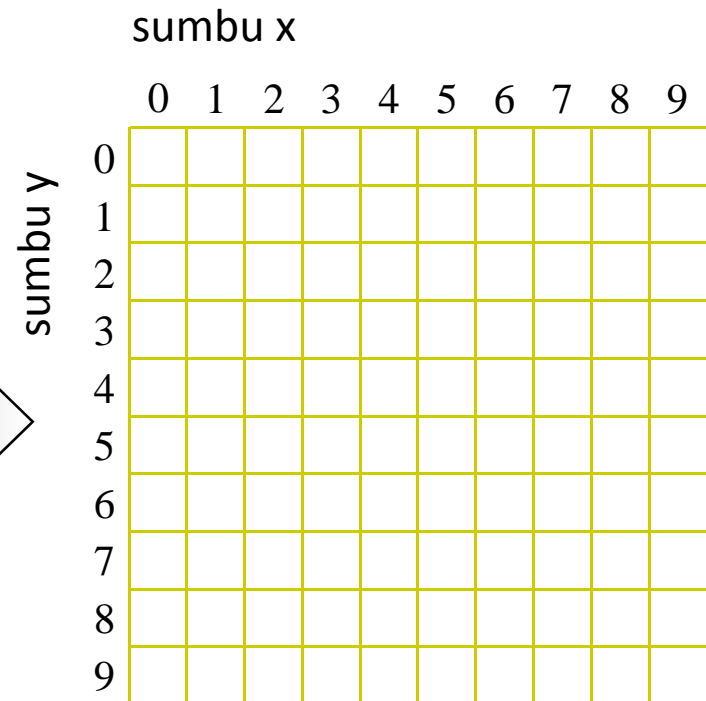
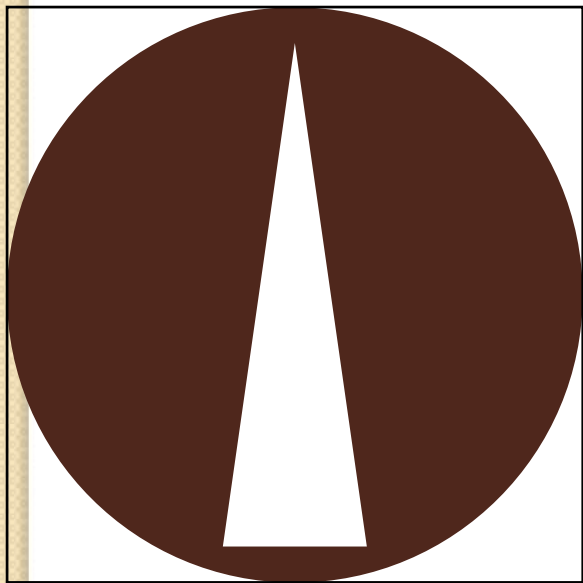
Sampling dan Kuantisasi (2)

- **Sampling** : jarak nilai dalam domain signal.
- **Sampling rate** : berapa banyak sample yang diambil per unit.
- **Kuantisasi** : jarak nilai dalam range signal.
- Biasanya merupakan jumlah bit dalam satu sample dari signal.



Sampling

- *Sampling* adalah suatu proses mendigitasi koordinat objek menjadi koordinat raster
 - Proses ini memberikan ukuran citra, misal: 10 x 10 pixel



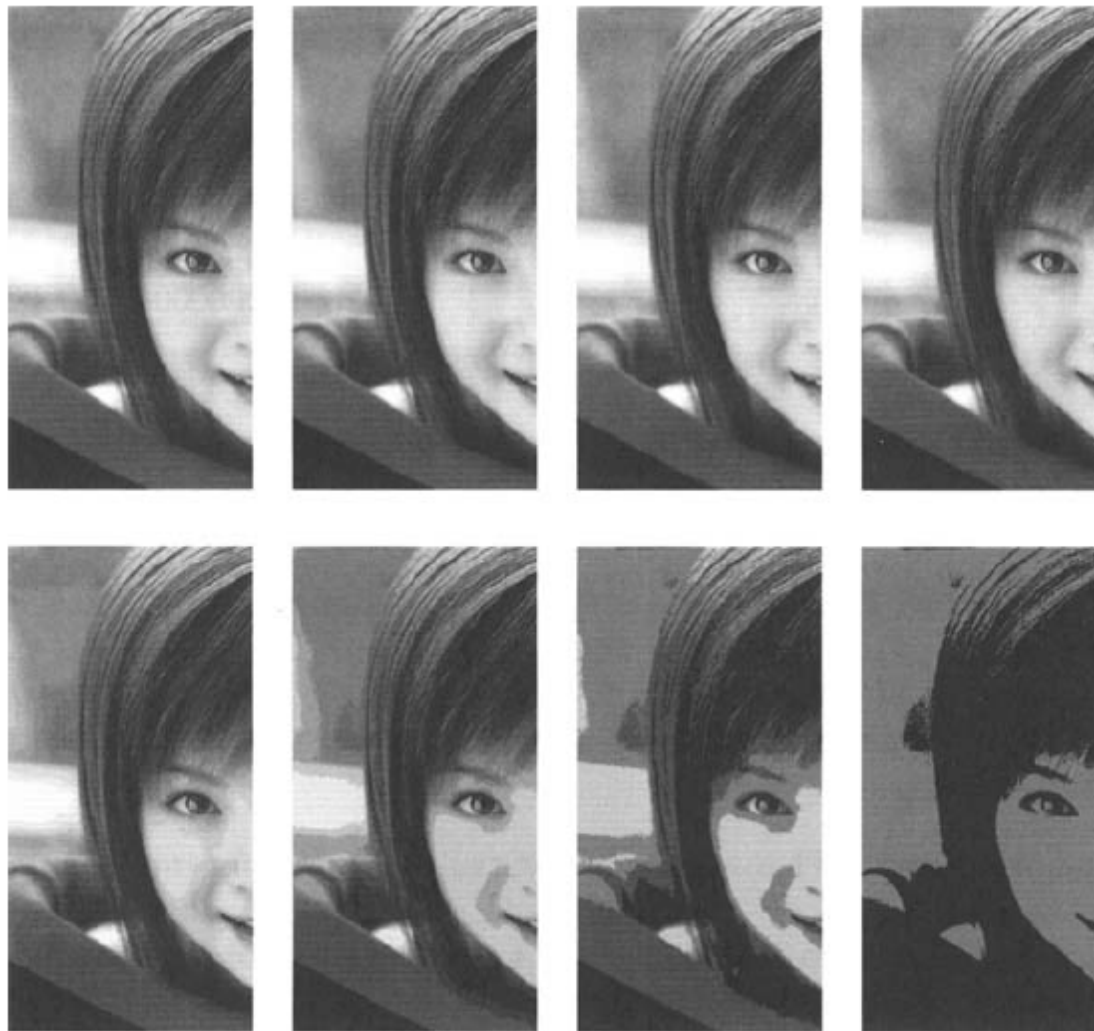
Resolusi

- Resolusi (spasial) menunjukkan tingkat kerincian suatu citra dan dapat dinyatakan:
 - sebagai banyak pixel per satuan panjang, pixel per inci (dot per inci – dpi)
 - misal: 72 dpi, 1200 dpi
 - dpi makin besar, resolusi makin tinggi
 - dalam ukuran pixel dengan satuan panjang
 - misal: 120 x 100 m (bila panjang dan lebar tidak sama)
 - misal: 30 x 30 m atau singkatnya 30 m (bila panjang dan lebar sama)
 - ukuran makin kecil, resolusi makin tinggi

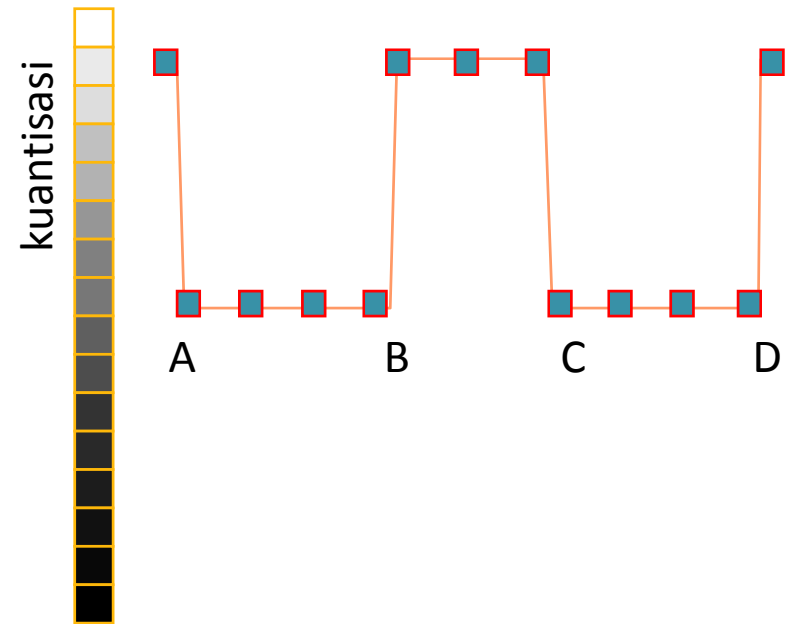
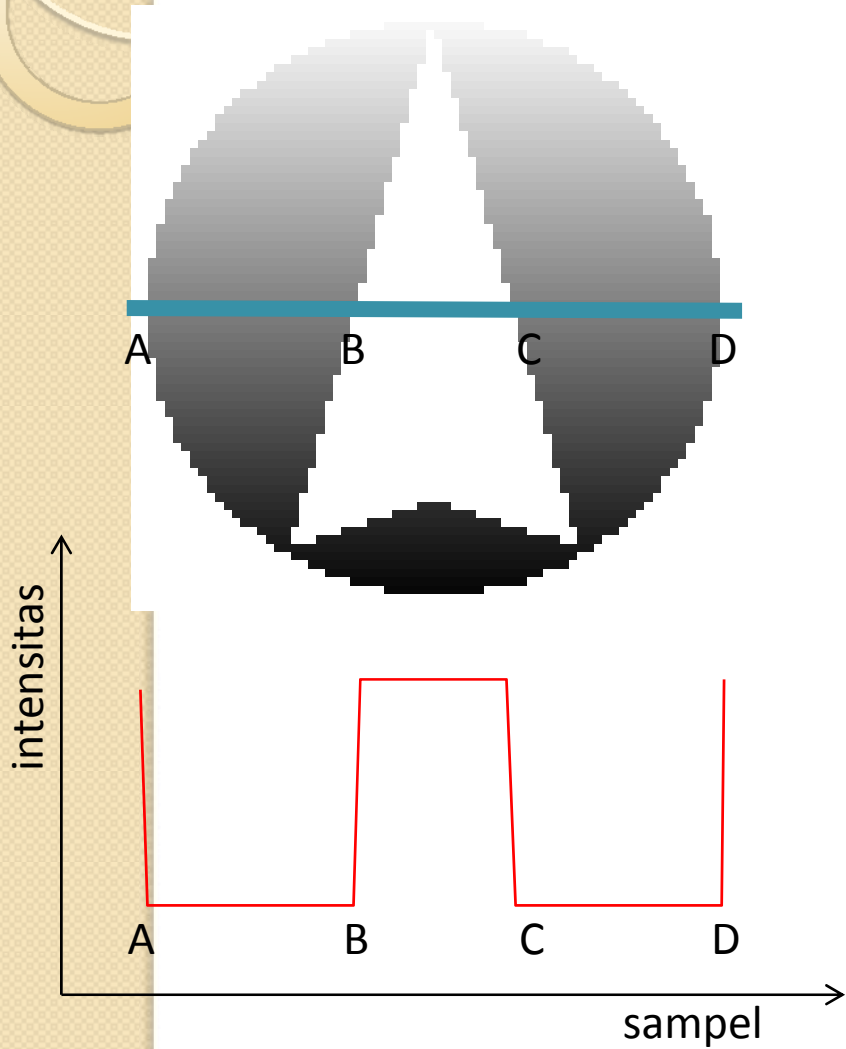
Kuantisasi

- Kuantisasi adalah suatu proses mendigitasi intensitas sinyal objek pada koordinat pixel yang disampel
 - dengan kata lain, memberi nilai pixel tersebut
- *Bitmapped (bitmap) image* atau citra bitmap adalah citra yang merupakan hasil pemetaan dari objek (citra asli)
 - Hasil pemetaan dikodekan dalam bentuk bit (*binary digit*)
 - Nama ekstensi *file* citra ini dikenal sebagai **bmp**

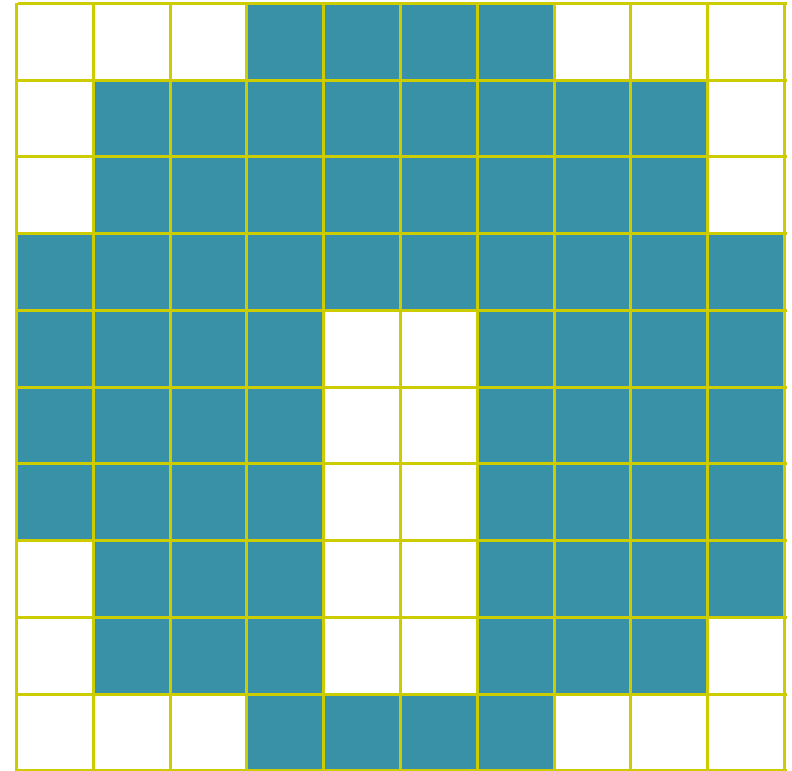
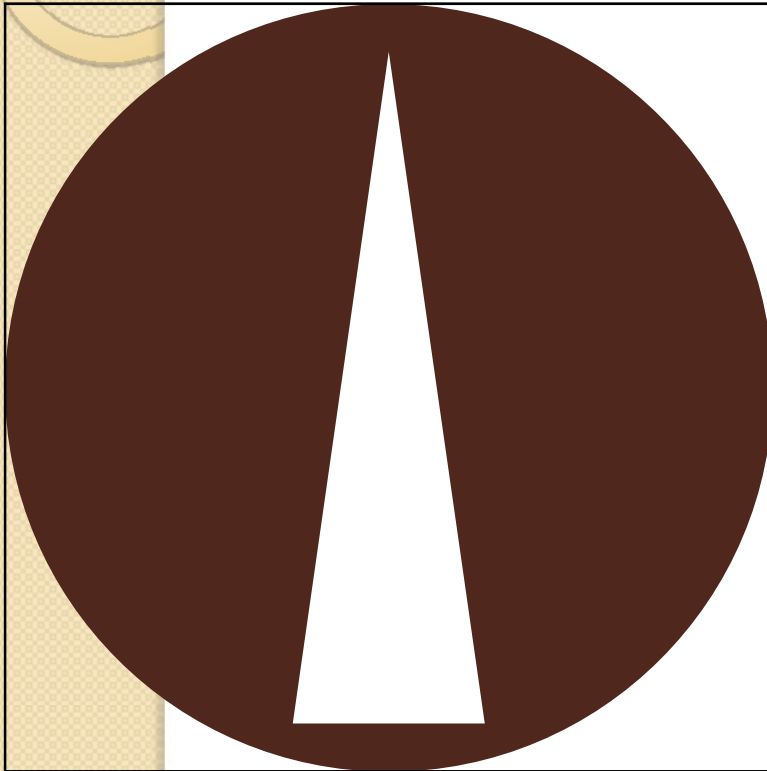
Variasi Level Kuantisasi



Kuantisasi



Contoh: *Sampling* dan Kuantisasi



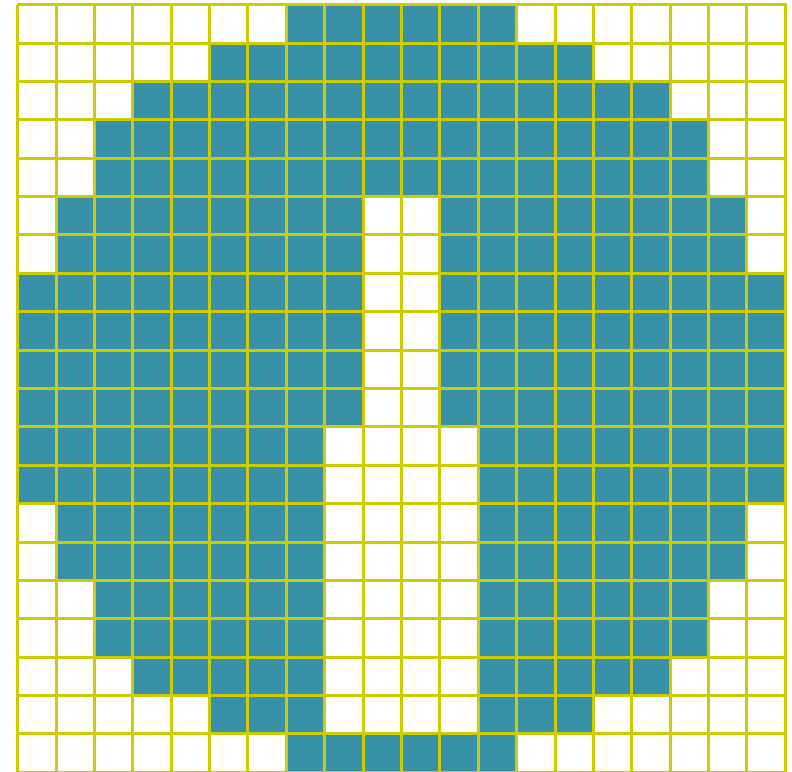
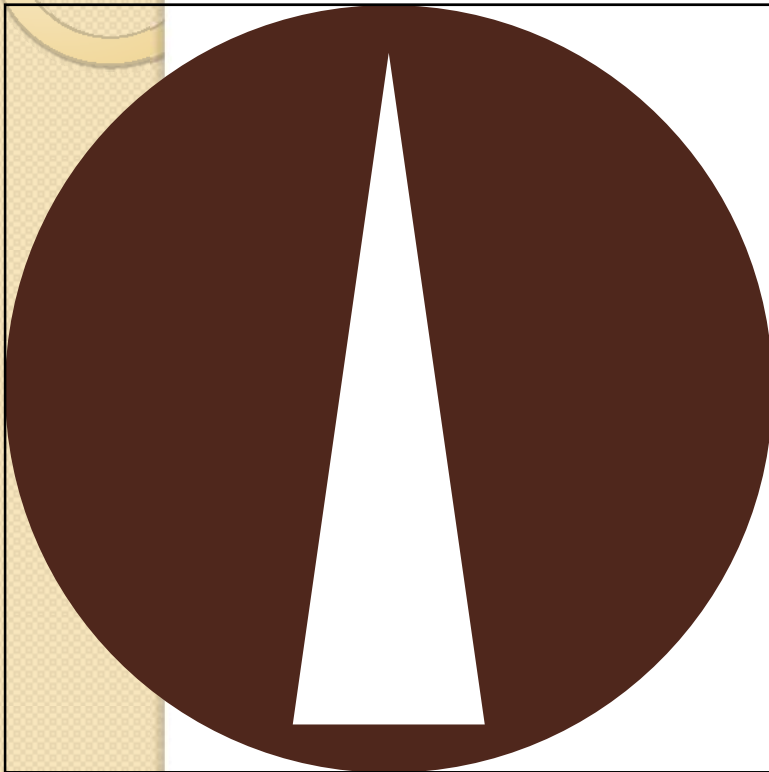
Ukuran citra: 10 x 10

Nilai Digital Pixel

0

1

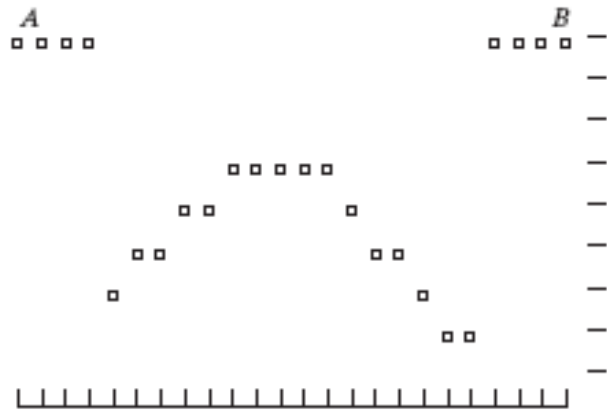
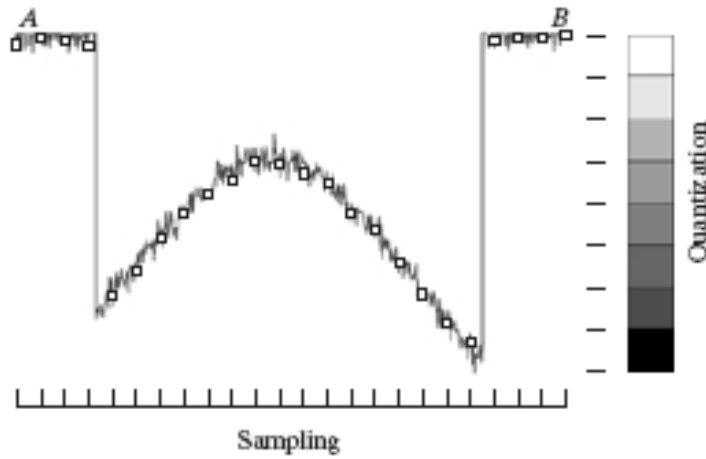
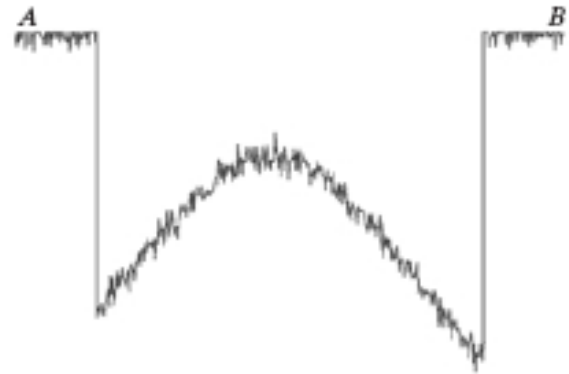
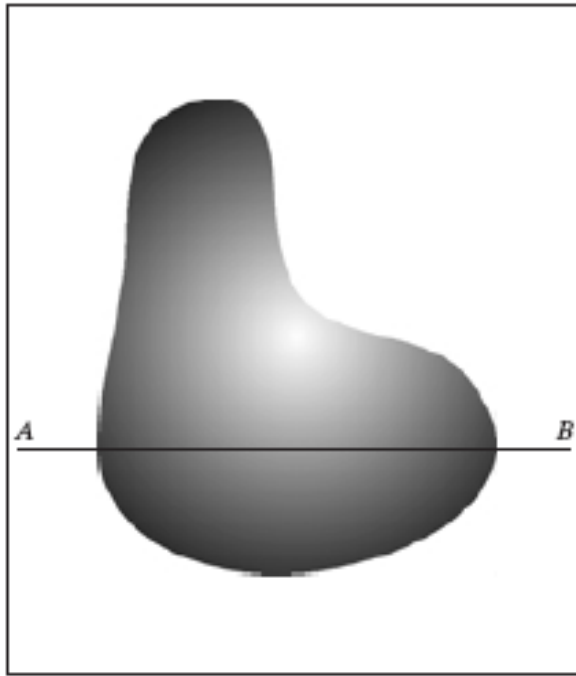
Contoh: *Sampling* dan Kuantisasi



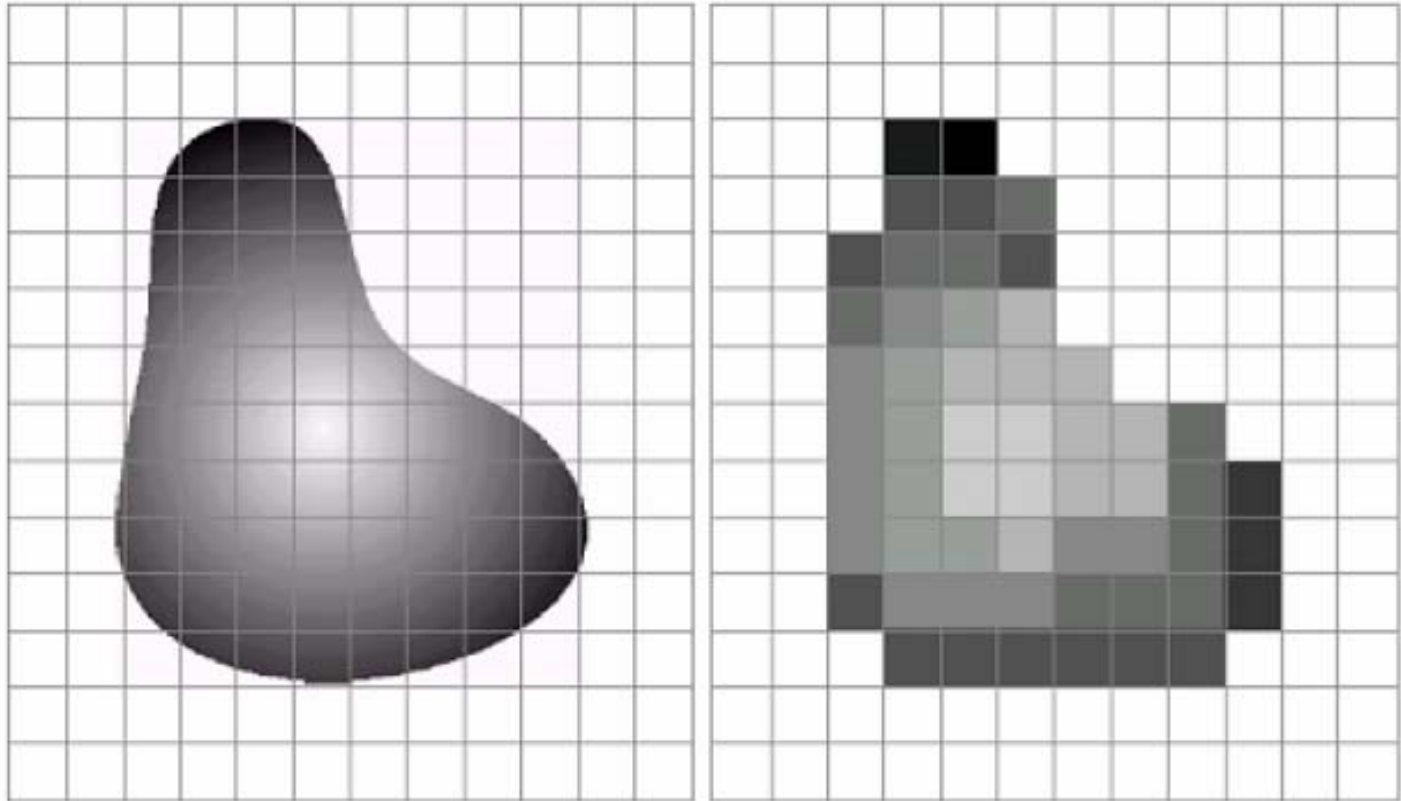
Ukuran citra: 20 x 20

Nilai Digital Pixel





Contoh: *Sampling* dan Kuantisasi



Fungsi Intensitas Cahaya

- Citra tidak bisa lepas dari cahaya.
- Fungsi dari intensitas cahaya 2D : $f(x,y)$
- Amplitude dari f pada koordinat (x,y) menunjukkan intensitas *brightness* dalam citra pada koordinat tersebut.
- Cahaya = energi $\rightarrow 0 < f(x,y) < \infty$

Iluminasi dan Pantulan Cahaya

- Sifat dasar $f(x,y)$ dipengaruhi oleh 2 komponen :
 - Jumlah cahaya yang ada : **iluminasi** $i(x,y)$
 - Jumlah cahaya yang dipantulkan : **reflectance** $r(x,y)$
- $f(x, y) = i(x, y) * r(x, y)$, dimana :
 - $0 < i(x, y) < \infty$ → sifat sumber cahaya.
 - $0 < r(x, y) < 1$ → jumlah cahaya diserap dan jumlah cahaya dipantulkan.

Contoh $i(x, y)$ dan $r(x, y)$

- Pada hari yang cerah, $i(x,y)$ matahari menghasilkan ± 9000 foot candles.
- Pada hari mendung, $i(x,y)$ matahari menghasilkan ± 1000 foot candles.
- Pada malam bulan purnama, bulan menghasilkan $i(x,y) \pm 0.01$ foot candles.
- Benda hitam memiliki $r(x,y) = 0.01$
- Dinding putih memiliki $r(x,y) = 0.8$
- Benda logam stainless steel memiliki $r(x,y) = 0.65$
- Salju memiliki $r(x,y) = 0.93$

Derajat Keabuan (*Grey Level*) (1)

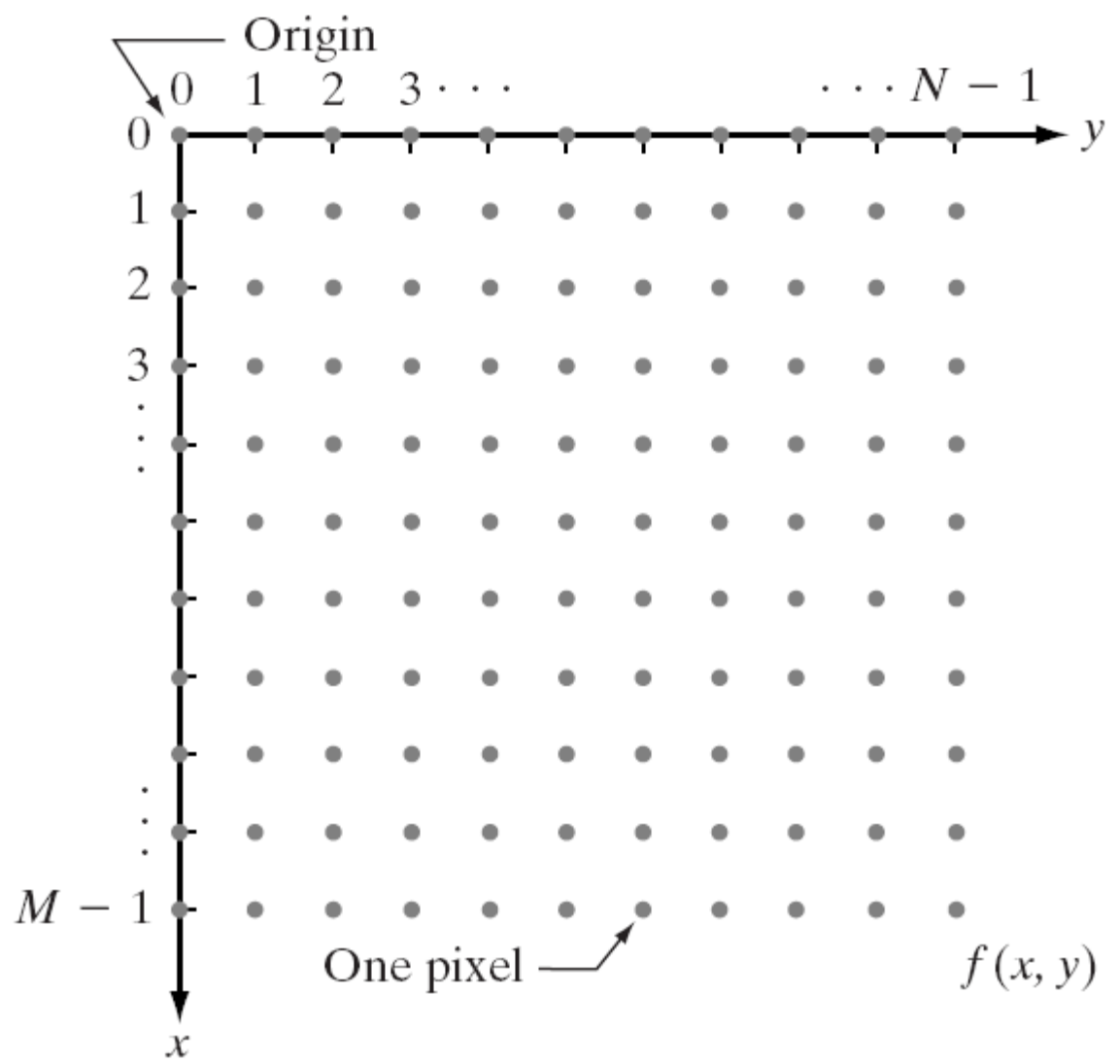
- Merepresentasikan Aras Abu-abu (*Grey Level*) atau kode warna
- Kisaran nilai ditentukan oleh bit yang dipakai dan akan menunjukkan resolusi aras abu-abu (*gray level resolution*)
 - 1 bit – 2 aras/warna: [0,1]
 - 4 bit – 16 aras/warna: [0,15]
 - 8 bit – 256 aras/warna: [0,255]
 - 24 bit – 16.777.216 warna (*true color*)
 - Kanal Merah - Red (R): [0,255]
 - Kanal Hijau - Green (G): [0,255]
 - Kanal Biru - Blue (B): [0,255]

Derajat Keabuan (2)

- Gray level (I) pada sebuah titik : intensitas citra monokrom f pada koordinat (x,y) .
- $L_{\min} < I < L_{\max}$
- $L_{\min} \geq 0, L_{\max} \neq \infty$
- *Grayscale* = $[L_{\min}, L_{\max}]$
- ***0 = hitam , L = putih***

Nilai Digital dan Banyak Bit

- L = banyak aras abu-abu
 - k = bit yang dipakai
 - $L = 2^k$
 - $(L-1)$ = nilai maksimum kisaran aras abu-abu
 - $[0, L-1]$ adalah kisaran (interval) aras abu-abu
-
- M = banyak pixel per baris (panjang)
 - N = banyak pixel per kolom (lebar)
 - b = banyak/besar bit suatu citra
 - $b = M \times N \times k$



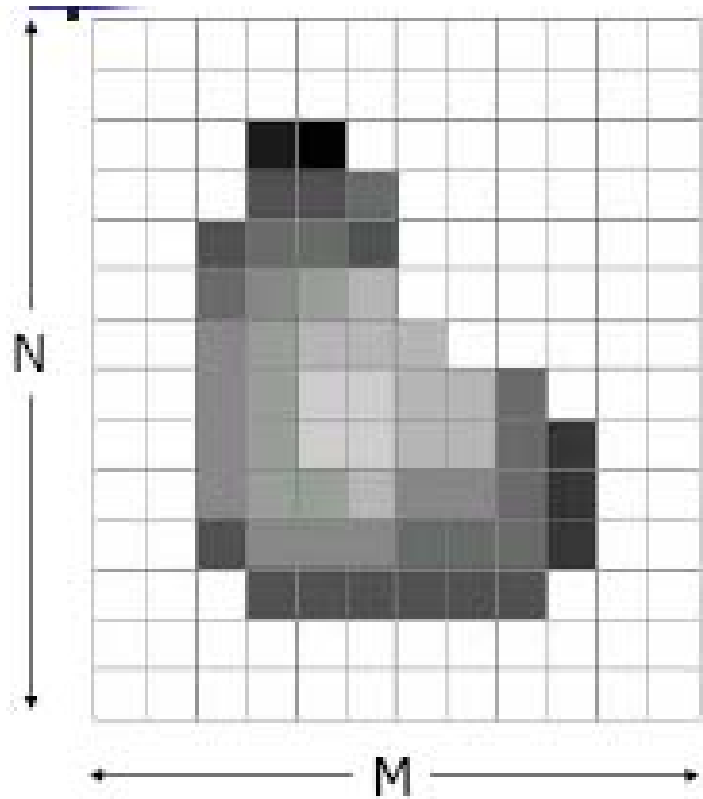
Matriks Citra

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \cdots & f(0, N - 1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \cdots & f(1, N - 1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M - 1, 0) & f(M - 1, 1) & \cdots & f(M - 1, N - 1) \end{bmatrix}$$

atau

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \cdots & a_{0,N-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \cdots & a_{1,N-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{M-1,0} & a_{M-1,1} & \cdots & a_{M-1,N-1} \end{bmatrix}.$$

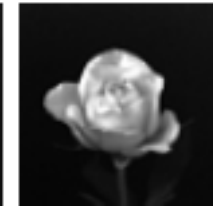
$$a_{ij} = f(x = i, y = j) = f(i, j).$$



- Banyak aras abu-abu
 $L = 2^k$
- Banyak/besar bit
suatu citra
 $b = M \times N \times k$

Subsampling

- Gray level tetap \rightarrow menghilangkan pixel



1024

512

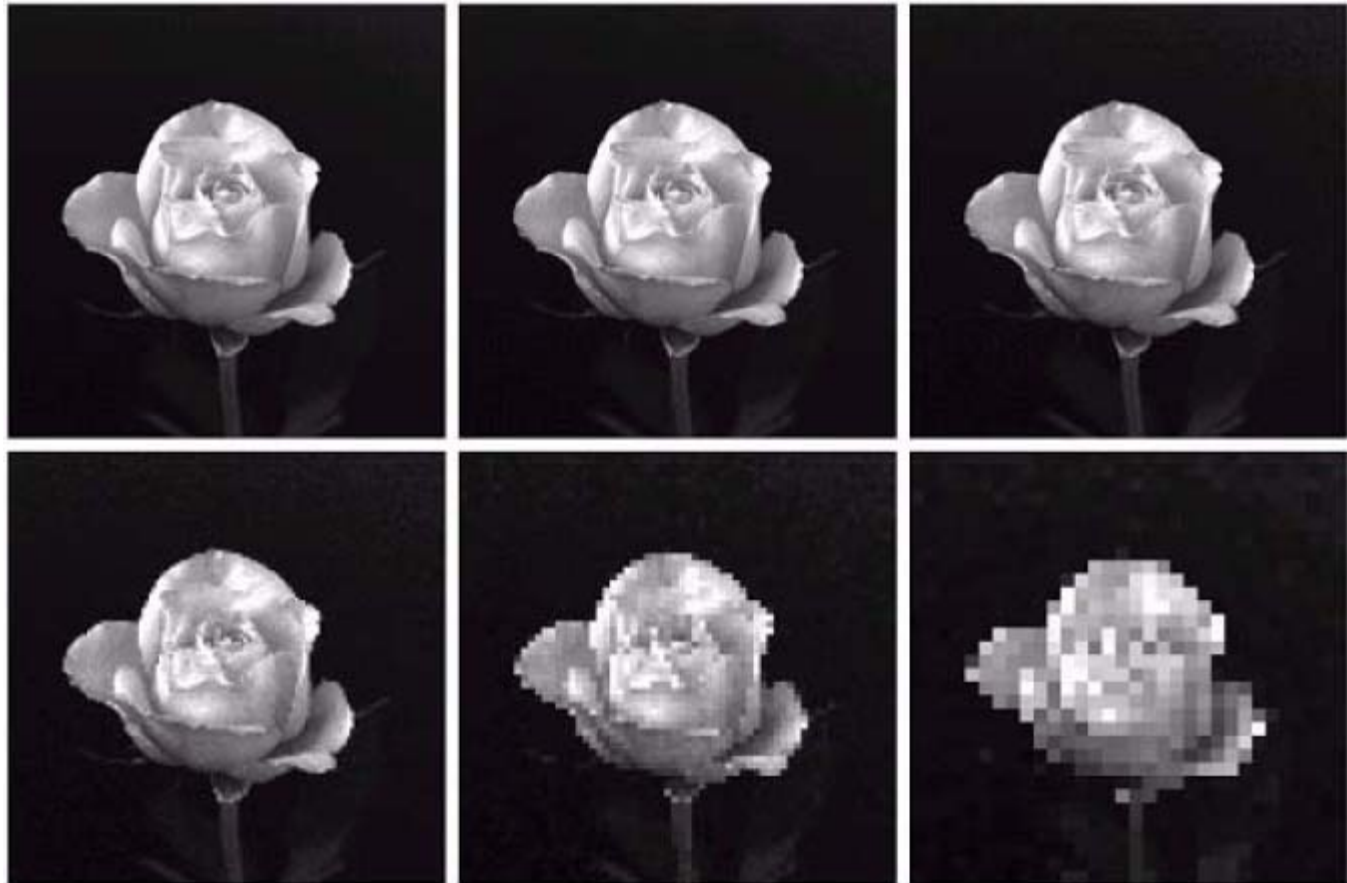
256

128

64

32

Checkerboard Effect → Resample



1024x1024
128x128

512x512
64x64

256x256
32x32

False Contouring



$$l = 16$$

$$l = 4$$

$$l = 8$$

$$l = 2$$

- Bila banyak aras abu-abu tidak cukup, detil citra akan hilang.
- *False contouring* terjadi pada bagian citra yang memiliki warna abu-abu dengan gradasi halus.

Non-Uniform Sampling

- Untuk resolusi tetap, kenampakan citra dapat ditingkatkan dengan *adaptive sampling rate*.
- ***Fine sampling*** : diperlukan pada bagian citra yang memiliki transisi keabuan yang detail.
- ***Coarse sampling*** : untuk bagian citra yang kurang detail, mis. latar belakang polos.
- Hati-hati bagian perbatasan antara objek utama dan latar → ada transmisi keabuan yang tajam.

Non-Uniform Quantization

- Gunakan sedikit *grey level* pada area perbatasan antara objek utama dengan latar belakang → mata kurang bisa membedakan perubahan *grey level* yang tiba-tiba.
- Gunakan lebih banyak *grey level* pada area yang halus untuk menghindari *false contouring*.

Elemen Citra Digital (1)

- Kecerahan (Brightness)
 - Intensitas cahaya.
- Kontras (Contrast)
 - Sebaran terang dan gelap dalam sebuah citra. Citra kontras rendah : komposisi sebagian besar terang atau sebagian besar gelap.
- Kontur (Contour)
 - Keadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada pixel-pixel yang bertetangga
→ mendeteksi tepi (*edge*) objek dalam citra.

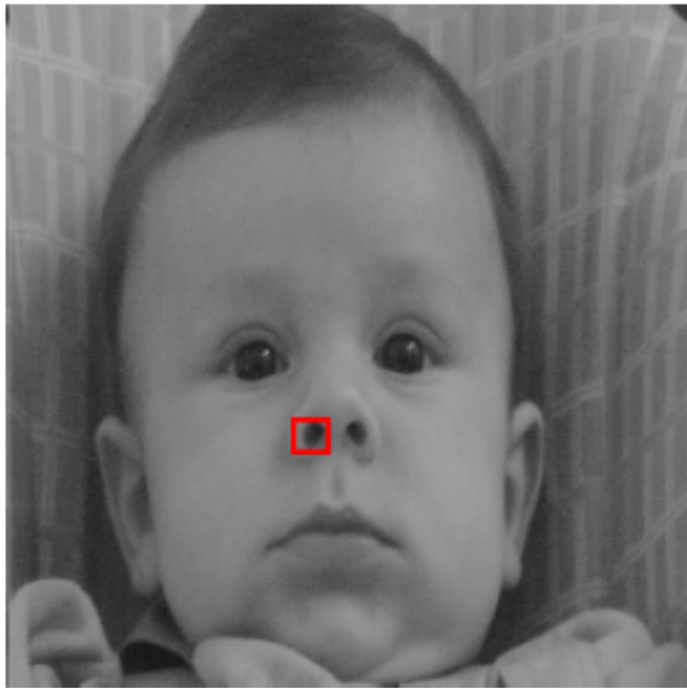
Elemen Citra Digital (2)

- Warna (Color)
 - Persepsi yang dirasakan mata terhadap panjang gelombang cahaya λ yang dipantulkan objek. Panjang gelombang tertinggi : merah, terendah : ungu (violet).
- Bentuk (Shape)
 - Yang dilihat mata 2D, objek asli 3D. Informasi bentuk objek diperoleh dari citra yang ditangkap sistem visual → segmentasi citra.
- Tekstur (Texture)
 - Distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan pixel yang bertetangga. Sistem visual manusia tidak menerima informasi per pixel → sekumpulan pixel sebagai satu kesatuan.

Struktur Data Citra Digital

- Pilihan tepat : MATRIKS
- Elemen-elemen matriks dapat diakses melalui indeks-nya (baris dan kolom).
- Ukuran citra = $N \times M$
- N = tinggi
- M = lebar

Analog \rightarrow Digital



Pixel values in highlighted region

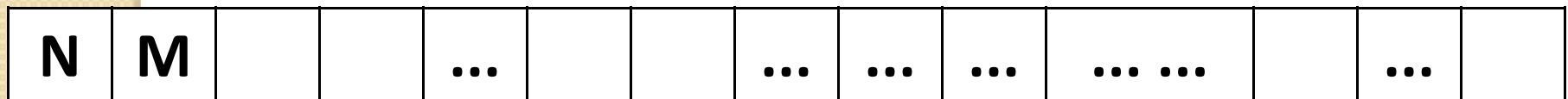
99	71	61	51	49	40	35	53	86	99
93	74	53	56	48	46	48	72	85	102
101	69	57	53	54	52	64	82	88	101
107	82	64	63	59	60	81	90	93	100
114	93	76	69	72	85	94	99	95	99
117	108	94	92	97	101	100	108	105	99
116	114	109	106	105	108	108	102	107	110
115	113	109	114	111	111	113	108	111	115
110	113	111	109	106	108	110	115	120	122
103	107	106	108	109	114	120	124	124	132

Arsip Citra

- Disimpan dalam bentuk arsip biner.
- *Header* : informasi yang terletak di awal arsip - bagaimana citra disimpan → bagaimana citra dibaca.
- Selebihnya merupakan nilai dari tiap piksel dalam citra.

Contoh : Raw Grayscale Image

- Citra mentah dari citra hitam-putih → hanya berisi ukuran citra dan nilai keabuan.
- Ukuran citra 32 bit : 16 bit (2 byte) untuk tinggi N, 16 bit (2 byte) untuk lebar M.
- Nilai keabuan 1 byte / pixel.



Format Berkas Citra

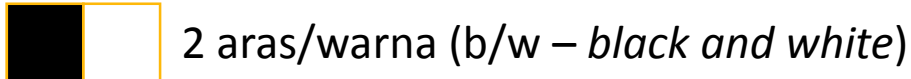
- **Tagged Image Format (.tif, .tiff)** - sering digunakan, mendukung citra compressed (berbagai metode) dan uncompressed.
- **Portable Network Graphics (.png)** - kompresi bagus mendukung citra grayscale dan warna. Mendukung alpha channel.
- **JPEG (.jpg)** - paling banyak digunakan untuk transmisi citra, lossy encoding berdasar parameter kualitas
- **MPEG (.mpg)** - paling banyak digunakan untuk video di Web, lossy
- **Graphics Interchange Format (.gif)** - palet warna hanya 8-bit
- **RGB (.rgb)** - berkas citra berwarna standar dari Silicon Graphics
- **Postscript (.ps, .eps, .epsf)** - paling populer untuk citra/grafik dari buku untuk dicetak. Citra level keabuan dinilai dengan desimal atau hexadesimal, dikode secara ASCII.

Contoh format : BMP

- Kualitas baik karena tidak dimampatkan (*uncompressed*).
- BMP : *bit-map* : pemetaan bit
- Umumnya 8-bit : $2^8 = 256$ derajat keabuan, nilai 0 - 255.
- Tiga macam BMP :
 - Biner - 2 derajat keabuan : 0 dan 1.
 - Berwarna - Kombinasi RGB → 256 warna dalam palet warna.
 - Hitam-putih (*grayscale*).

Aras Abu-abu, Warna

1 bit



4 bit



Kode warna

0	Hitam	8	Abu-abu tua
1	Biru	9	Biru muda
2	Hijau	10	Hijau muda
3	<i>Cyan</i>	11	<i>Cyan</i> muda
4	Merah	12	Merah muda
5	Ungu	13	Ungu muda
6	Coklat	14	Kuning
7	Abu-abu muda	15	Putih

Aras Abu-abu, Warna

8 bit



256 aras abu-abu



256 warna

Kode warna

0	Hitam	8	Abu-abu tua	16-31	Aras keabuan
1	Biru	9	Biru muda	32-103	Intensitas Merah, Hijau, dan Biru cerah
2	Hijau	10	Hijau muda	104-175	Intensitas Merah, Hijau, dan Biru sedang
3	<i>Cyan</i>	11	<i>Cyan</i> muda	176-247	Intensitas Merah, Hijau, dan Biru gelap
4	Merah	12	Merah muda	248-255	Hitam
5	Ungu	13	Ungu muda		
6	Coklat	14	Kuning		
7	Abu-abu muda	15	Putih		

RGB (24 bit – True Color)

8 bit



Red

8 bit



Green

8 bit



Blue

256 aras keabuan

8 bit



Red

8 bit



Green

8 bit



Blue

Bagian Berkas BMP (1)

Header berkas	Header bitmap	Informasi palet	Data bitmap
----------------------	----------------------	------------------------	--------------------

14 byte

12-64 byte

0-1024 byte

N byte

Bagian Berkas BMP (2)

- **Header berkas**
- **Header bitmap** : bagaimana data bitmap dikodekan dan disimpan, mis. ukuran citra, resolusi, jumlah warna yang digunakan, dll.
- **Informasi palet** dinyatakan dalam tabel yang terdiri dari 3 *field* : Red, Green, Blue.
- **Data bitmap** disusun terbalik dari bawah ke atas dalam bentuk matriks berukuran *Height x Width*.

Informasi Header Bitmap

Byte ke-	Panjang (byte)	Nama	Keterangan
1 – 4	4	<i>HdrSize</i>	Ukuran <i>header</i> dalam satuan <i>byte</i>
5 – 8	4	<i>Width</i>	Lebar <i>bitmap</i> dalam satuan <i>pixel</i>
9 – 12	4	<i>Height</i>	Tinggi <i>bitmap</i> dalam satuan <i>pixel</i>
13 – 14	2	<i>Planes</i>	Jumlah <i>plane</i> (umumnya selalu satu)
15 – 16	2	<i>BitCount</i>	Jumlah bit per <i>pixel</i>
17 – 20	4	<i>Compression</i>	0 = tak dimampatkan, 1 = dimampatkan
21 – 24	4	<i>ImgSize</i>	Ukuran <i>bitmap</i> dalam <i>byte</i>
25 – 28	4	<i>HorzRes</i>	Resolusi horizontal
29 – 32	4	<i>VertRes</i>	Resolusi vertikal
33 – 36	4	<i>ClrUsed</i>	Jumlah warna yang digunakan
37 – 40	4	<i>ClrImportant</i>	Jumlah warna yang penting
41 – 42	2	<i>Units</i>	Satuan pengukuran yang dipakai
43 – 44	2	<i>Reserved</i>	<i>Field</i> Cadangan
45 – 46	2	<i>Recording</i>	Algoritma perekaman
47 – 48	2	<i>Rendering</i>	Algoritma <i>halftoning</i>
49 – 52	4	<i>Size1</i>	Nilai ukuran 1
53 – 56	4	<i>Size2</i>	Nilai ukuran 2
57 – 60	4	<i>ClrEncoding</i>	Pengkodean warna
61 – 64	4	<i>Identifier</i>	Kode yang digunakan aplikasi

Membaca Informasi Palet 8-bit

- **Palet warna**

	R	G	B
1	20	45	24
2	14	13	16
3	12	17	15
...			
256	46	78	25

- **Data bitmap**

2 2 1 1 1 3 5 ...

- Nilai pixel mengacu pada tabel palet warna.
- Pixel dengan nilai data 2 memiliki nilai R=14, G=13, B=16
- Untuk citra *grayscale* 8-bit, R=G=B=data bitmap pixel. Nilai bitmap 129 → R=G=B=129

Membaca Informasi Palet 24-bit

- 16.7 juta warna tidak memiliki palet RGB
- Tiap elemen data bitmap 3 byte : 1 byte untuk R, 1 byte untuk G, 1 byte untuk B.
- **Data bitmap**
20 19 21 24 24 23 24 ...
- Pixel pertama → R=20 G=19 B=21
- Pixel kedua → R=24 G=24 B=23.