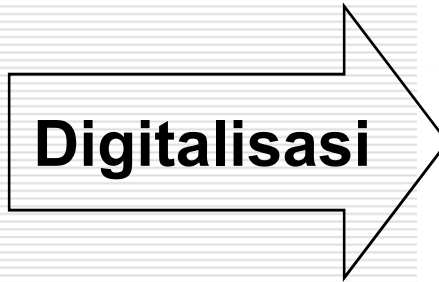


Digitalisasi Citra



Citra analog /
objek / scene

Citra digital

Proses utama konversi analog ke digital

□ Sampling

- digitalisasi koordinat spatial
- Nilai-nilai dalam citra kontinyu $f(x,y)$ didekati dengan nilai-nilai diskrit dalam array $N \times M$; biasanya $N = 2^n$ & $M = 2^m$
- Tiap elemen array \rightarrow picture element (pixel)

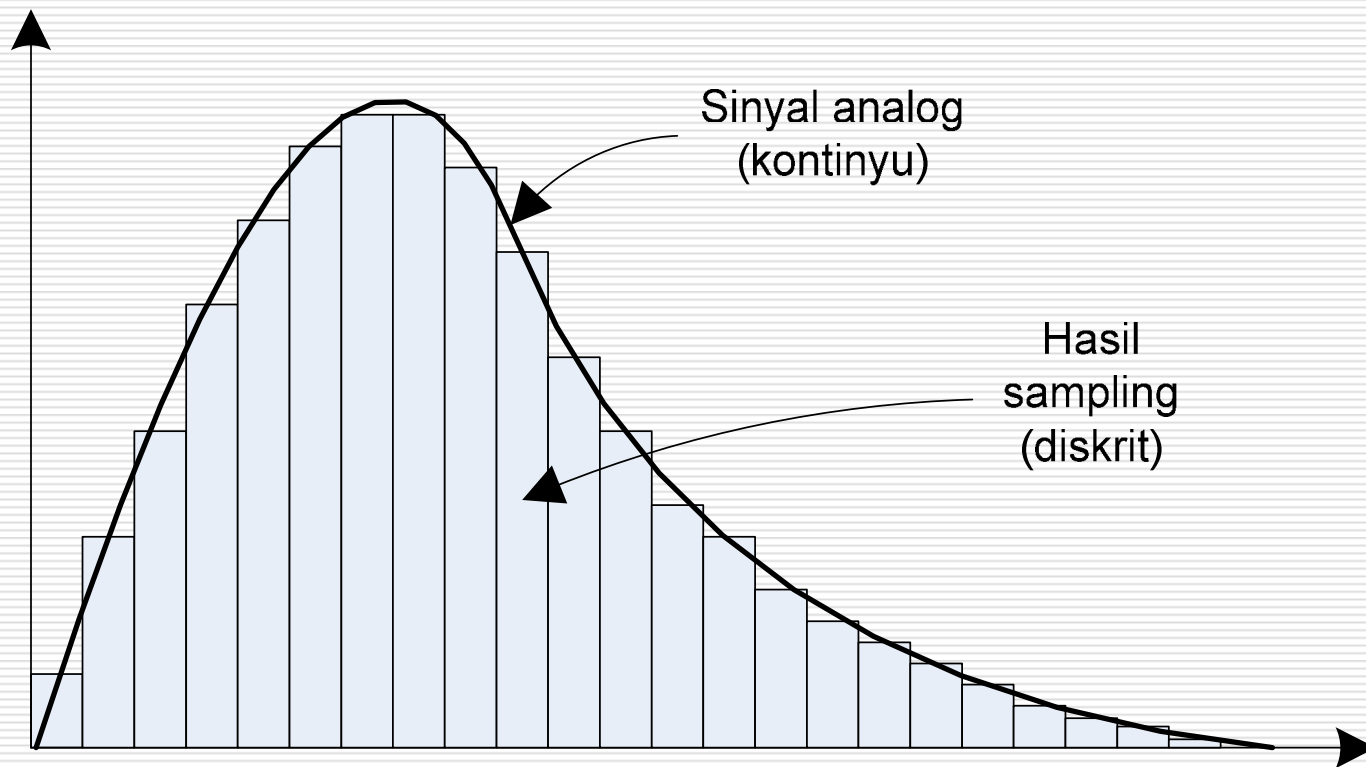
□ Kuantisasi

- digitalisasi amplitudo
 - Jumlah gray level yang diperbolehkan untuk tiap elemen array = $G = 2^q \rightarrow$ berjarak sama pada rentang $[0,L]$
-

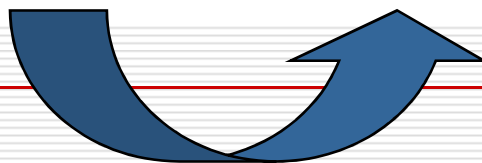
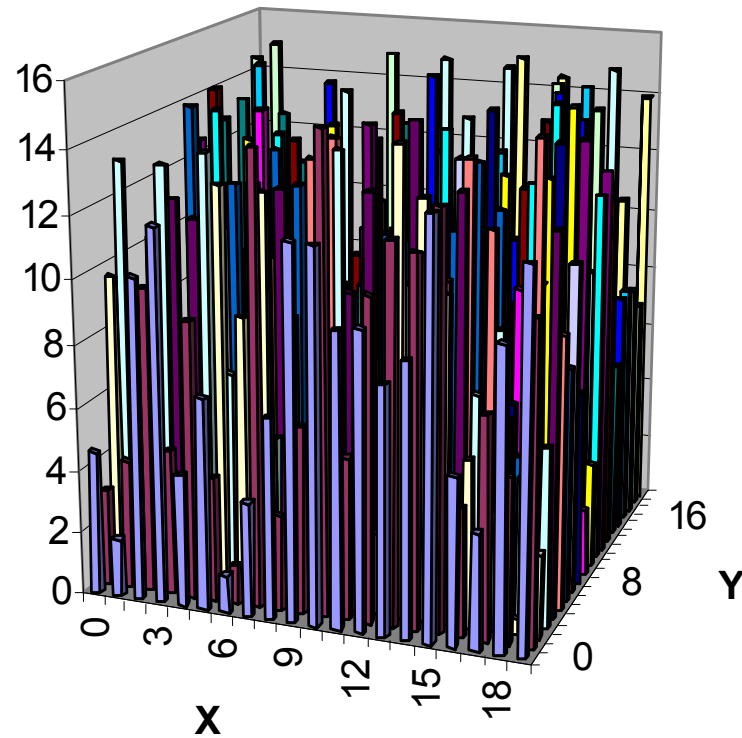
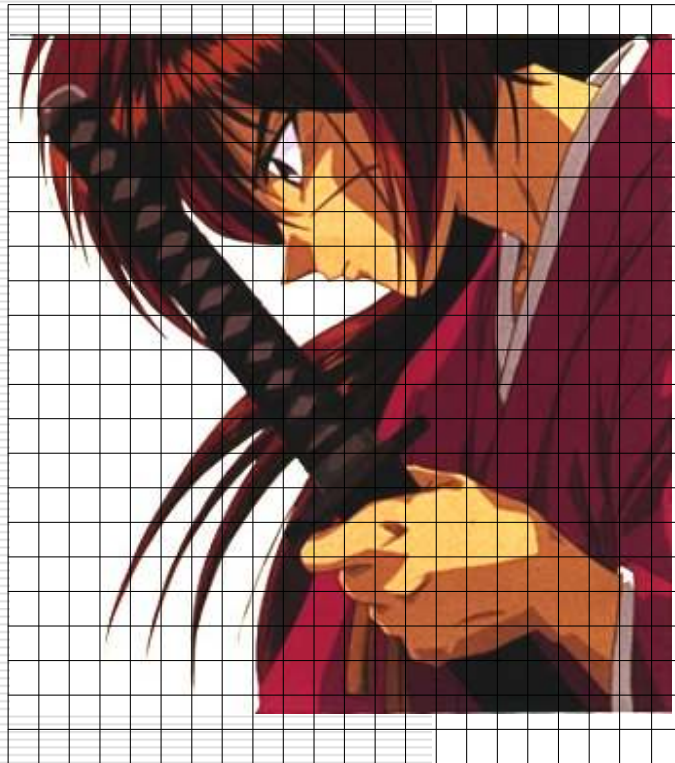
Yang dipengaruhi N, M, & q

- Jumlah bit yang diperlukan (b):
 - $b = N \times M \times q$
 - N & M → *dot per inch* (dpi)
 - q → *color depth* (jumlah warna yang mungkin untuk tiap pixel)
 - Resolusi: *the degree of discernible detail*
 - Semakin besar nilai N, M, dan q, citra digital yang dihasilkan akan semakin mendekati citra aslinya
-

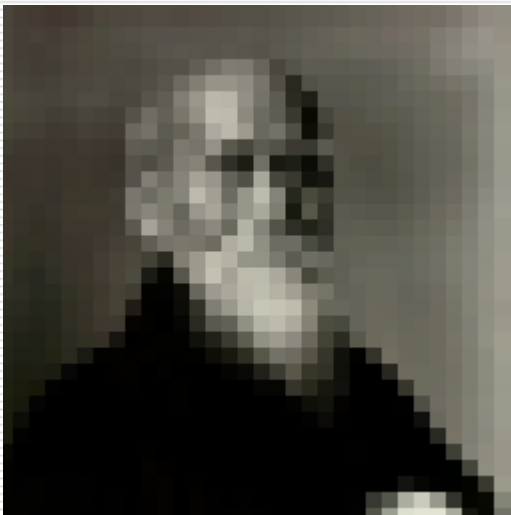
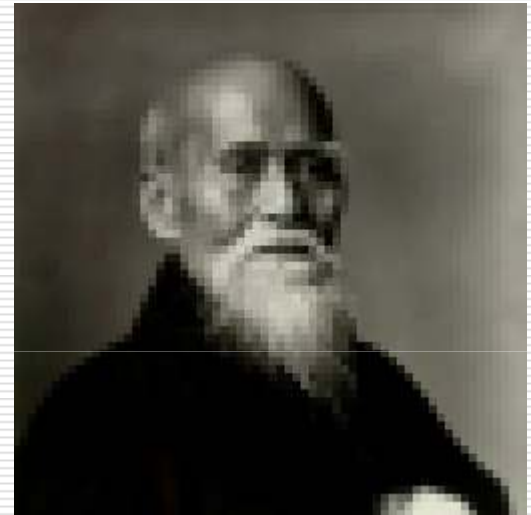
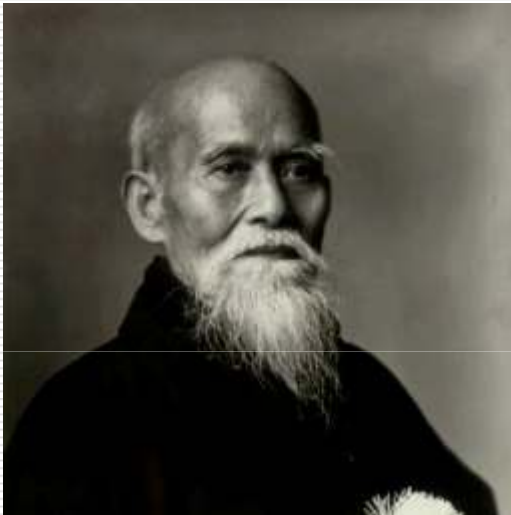
Sampling sinyal 1D



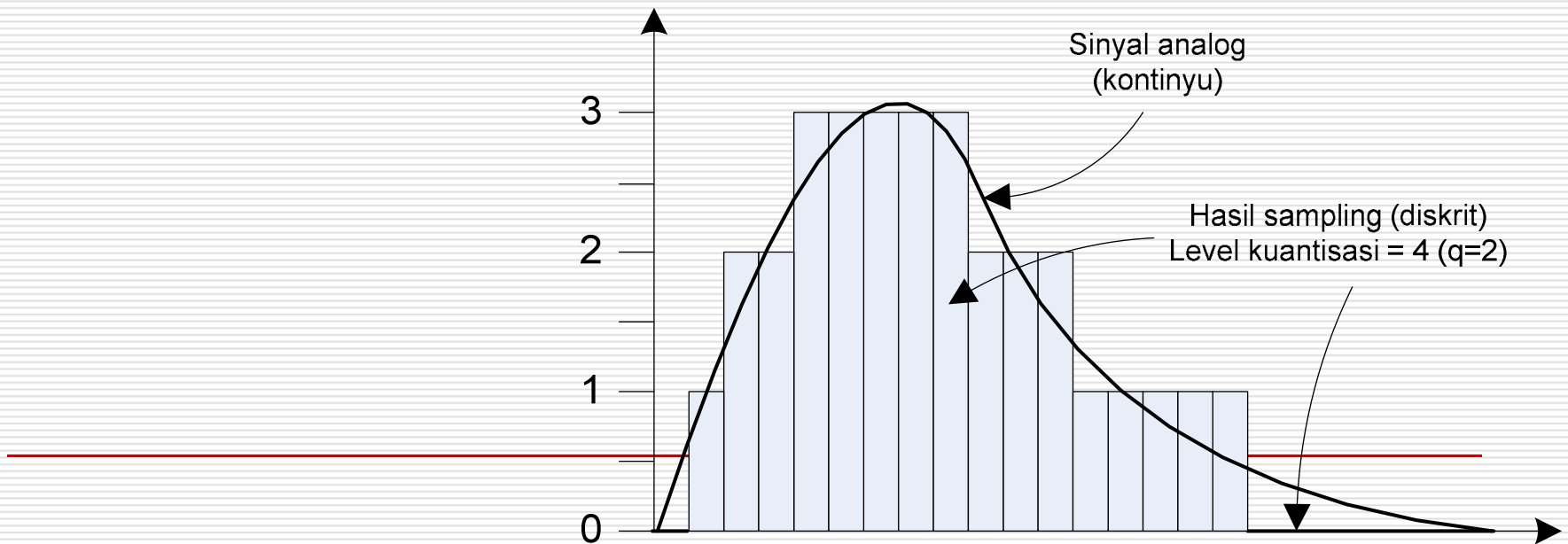
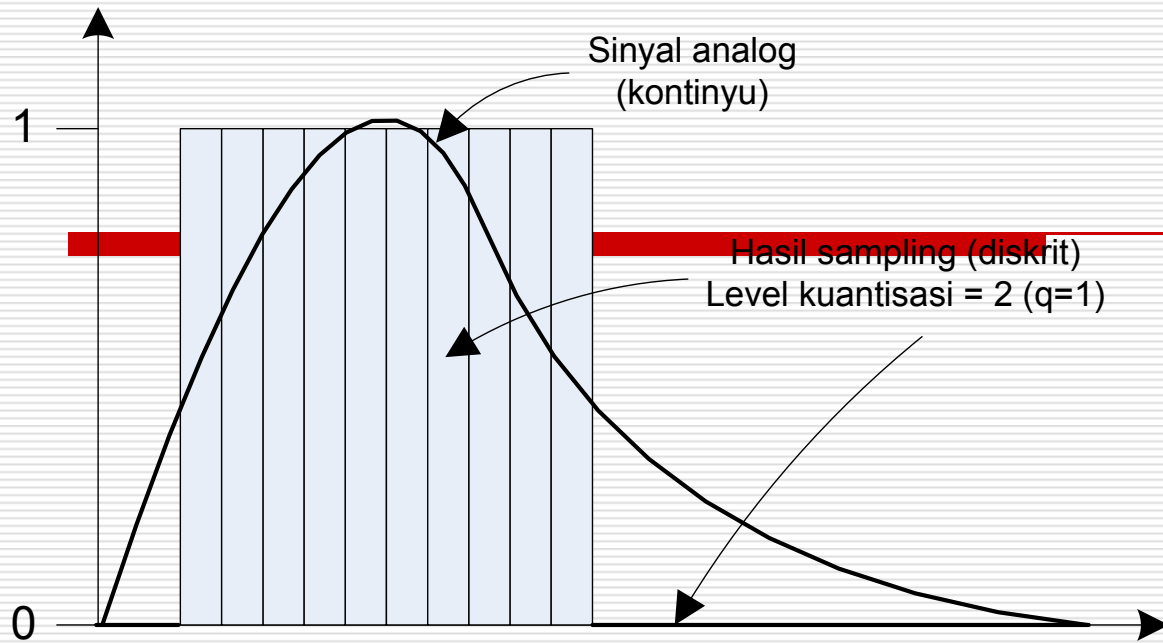
Sampling citra (2D)



Contoh sampling:



Kuantisasi sinyal 1D



Contoh kuantisasi



24-bit



8-bit



4-bit

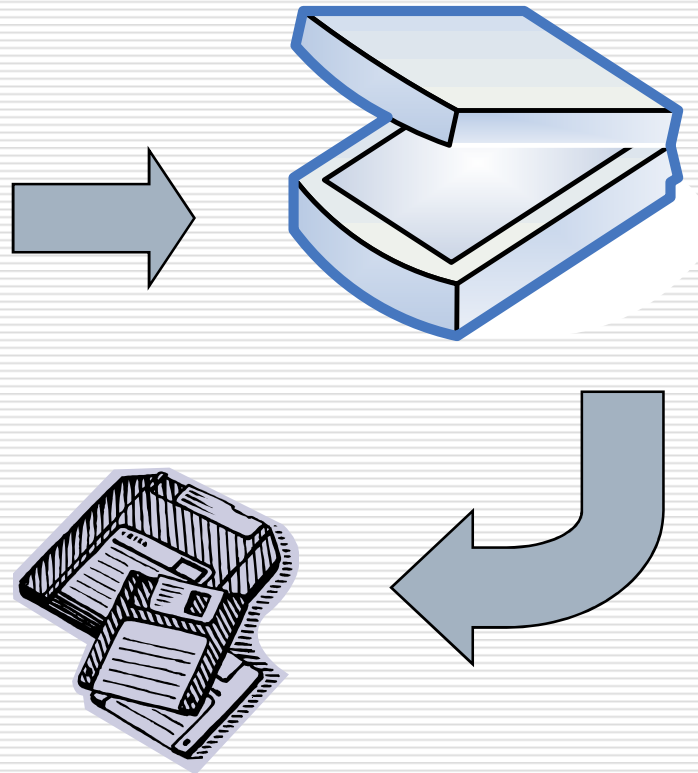


1-bit

Ukuran citra digital



Foto 3R
(3.375 inch x 5 inch)



- Scanning
- 400 dpi
 - 256 colors

Ukuran citra digital = jml dot (pixel) x jml bit / pixel

- $\text{jml pixel} = (3.275 \times 400) \times (5 \times 400) = 1350 \times 2000 = 2700000$
- bit / pixel \rightarrow 8 bit / pixel
- Ukuran citra digital = 21600000 bit \approx 2,57 MB

Format File Citra Bitmap

Microsoft Windows Device Independent Bitmap (BMP)

- Tiap file terdiri dari (muncul berurutan):
 - File header
 - Bitmap header
 - Color map (kecuali untuk citra 24-bit)
 - Bitmap data
- Konvensi sesuai yg digunakan Intel:
 - Low byte disimpan lebih dulu
 - ~~■ Tidak menggunakan word alignment~~

Kedalaman warna

- ❑ File Ms DIB bisa memuat citra dengan kedalaman warna 1, 4, 8, atau 24 bit
 - ❑ Citra 1, 4, dan 8 bit memiliki color map
 - ❑ Citra 24 bit → direct color
-

BITMAPFILEHEADER

Offset	Size	Name	Description
0	2	bfType	ASCII "BM"
2	4	bfSize	Size of file (in bytes)
6	2	bfReserved 1	Zero
8	2	bfReserved 2	Zero
10	4	bfOffBits	Byte offset in files where image begins

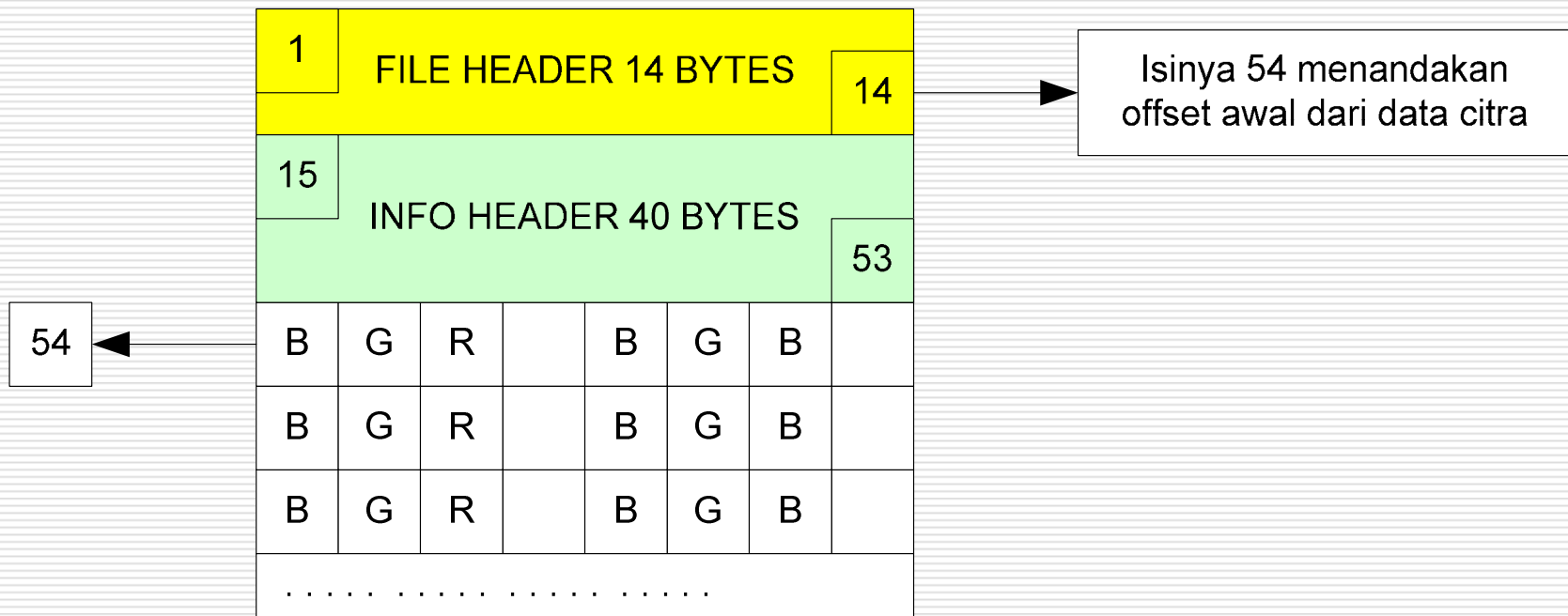
BITMAPINFOHEADER (Windows 3)

Offset	Size	Name	Description
14	4	biSize	Size of this header (40 bytes)
18	4	biWidth	Image width in pixels
22	4	biHeight	Image height in pixels
26	2	biPlanes	Number of image planes, must be 1
28	2	biBitCount	Bits per pixel: 1,4,8, or 24
30	4	biCompression	Compression type

BITMAPINFOHEADER (Windows 3) (cont'd)

Offset	Size	Name	Description
34	4	biSizeImage	Size of compressed image (in bytes), zero if uncompressed
38	4	biXPelsPerMeter	Horizontal resolution (pixels/meter)
42	4	biYPelsPerMeter	Vertical resolution (pixels/meter)
46	4	biClrUsed	Number of colors used
<u>50</u>	4	<u>biClrImportant</u>	<u>Number of 'important' color</u>
54	4*N	bmiColors	Color map

Proses Pembacaan Citra 24 bit



Windows RGBQUAD

Offset	Name	Description
0	rgbBlue	Blue value for color map entry
1	rgbGreen	Green value
2	rgbRed	Red value
3	rgbReserved	Zero

Proses Penentuan Warna Ke Layar

- Untuk file 24 bit Informasi intensitas RGB sudah dapat langsung diketahui dari bitmap data, sedangkan untuk file 1,4,8 bit informasi RGB diperoleh dari Color Map

R	G	B	0
10	8	2	0

Pengubahan menjadi biner lalu cari nilainya dalam decimal (itulah warna dari pixel)

00001010 00001000 00000010

Proses Penentuan Warna Ke Layar

- Pada umumnya setiap bahasa pemrograman telah menyediakan fungsi untuk menghasilkan warna apabila kita telah mengetahui intensitas RGB:
 - Contoh dalam delphi:
 - `Image1.canvas.pixel(1,1)=RGB(10,8,2);`
-

Penentuan Posisi Pixel

- ❑ Perlu diperhatikan bahwa dalam file data disimpan dari belakang ke depan secara sequential. Berarti bitmap data pertama adalah pixel pada posisi A dan bitmap data terakhir adalah pixel pada posisi B



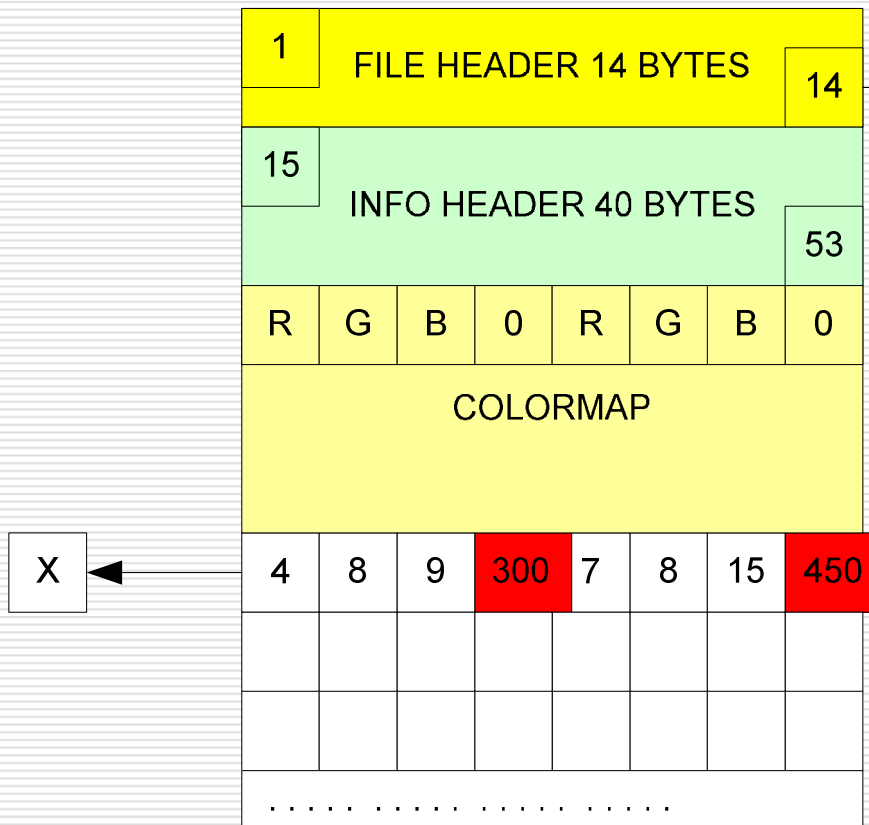
Color map

- Citra 1, 4, dan 8 bit per pixel butuh color map
- Entri dalam color map (palette) biasanya 2, 16, atau 256
 - Bisa lebih sedikit jika citra tidak membutuhkan semua warna yang tersedia
 - Jumlah warna yang digunakan = `biClrUsed`
 - `biClrUsed = 0` → color map memuat semua warna
 - 4 byte per entri
- Entri awal color map = warna penting
 - Jumlah warna penting = `biClrImportant` → jumlah warna yang diperlukan untuk mendapat tampilan citra yang cukup bagus

Proses Pembacaan Citra 8 bit

- ❑ Citra dengan kedalaman 8 bit berarti 1 pixel diwakili oleh 1 byte dan memiliki kemungkinan warna sebanyak 8 bit
 - ❑ Prosesnya sama dengan pembacaan citra 24 bit dimana kita membaca :
 - ❑ FileHeader sebesar 14 byte
 - ❑ InfoHeader 40 byte
 - ❑ ColorMap
 - ❑ Bitmap Data
-

Proses Pembacaan Citra 8 bit



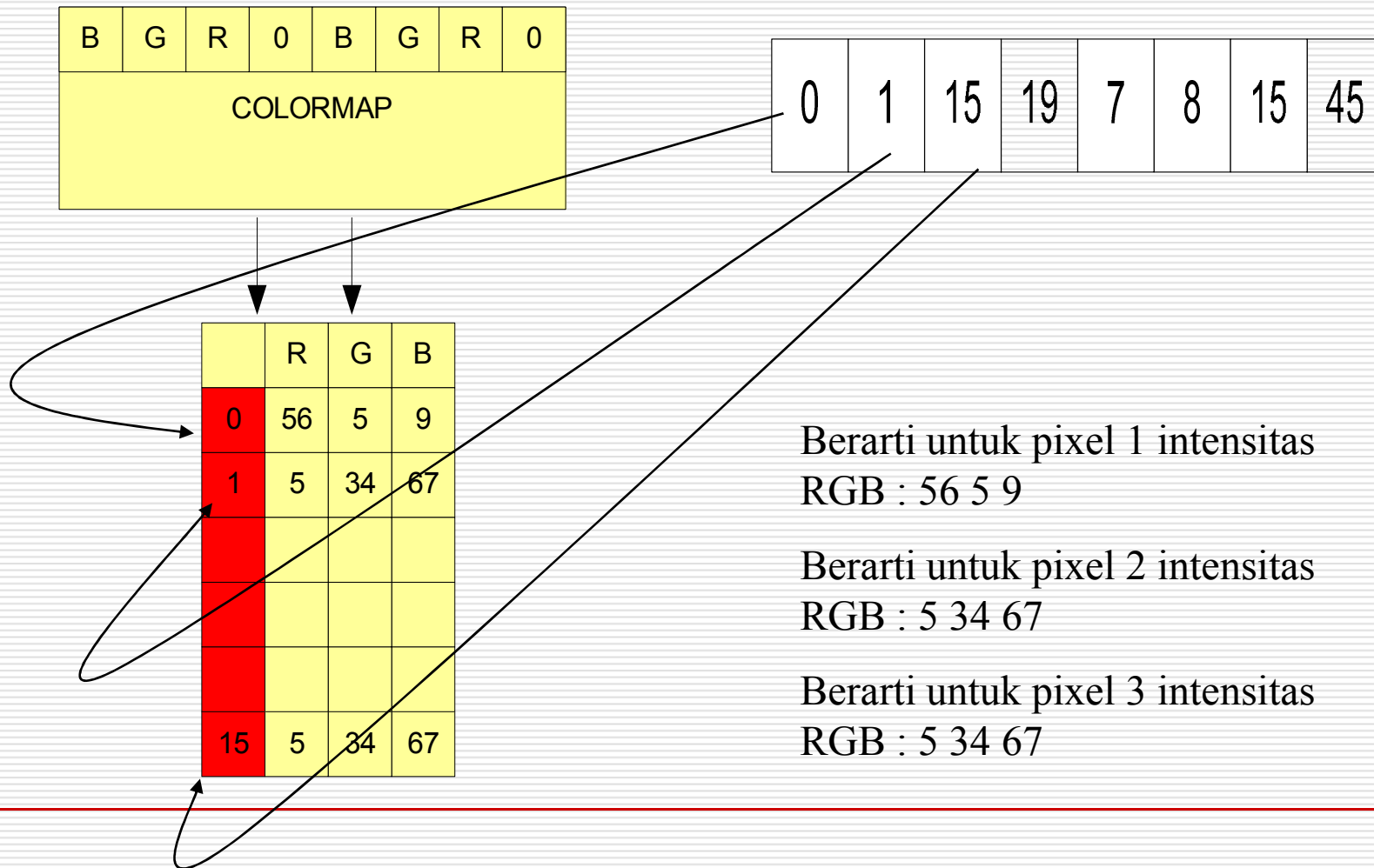
Isinya dapat berubah-ubah (X) menandakan offset awal dari data citra

Dengan mengetahui informasi mengenai OffBits maka kita bisa menghitung posisi offset dari ColorMap yaitu dimulai dari offset 54 sampai dengan nilai yang tersimpan didalam offbits(X)

Proses Pembacaan Citra 8 bit

- Analogi Color Map adalah mengindex warna yang ada kedalam tabel sehingga bitmap data tidak lagi berisi data intensitas RGB namun mengandung index warna
 - Untuk mengetahui warna pixel(x) maka kita mengakses color map dengan index sesuai dengan nilai yang tersimpan pada bitmap data
-

Proses Pengambilan Warna dari Color Map



Menentukan Ukuran File dari Bitmap

- Yang membedakan antara citra 1,4,8,24 bit adalah ukuran storage yang digunakan untuk menyimpan warna dari 1 buah pixel
 - Misalkan: citra A : 200 x 200 pixel
 - Hitung berapa minimum byte dari file bitmap yang dihasilkan bila: citra A disimpan dalam 24 bit dan 8 bit
 - $200 \times 200 \times 3 + 54 \text{ byte} = 120054 \text{ byte}$
 - $200 \times 200 \times 1 + 54 + 256 \times 3 = 40822 \text{ byte}$
-

Halftoning & Dithering

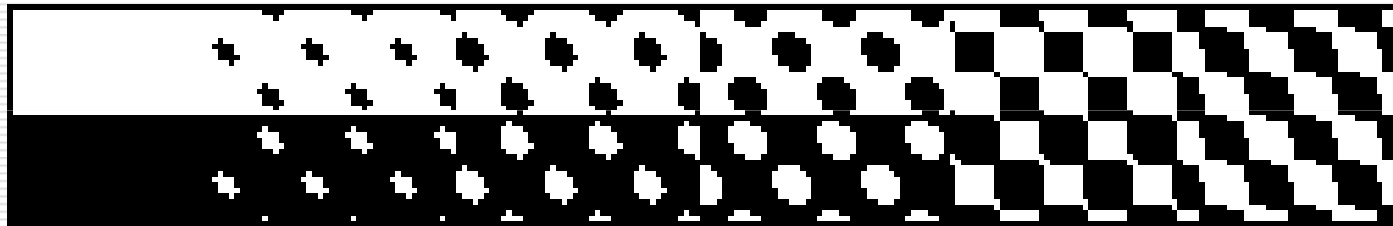
Halftoning

- ❑ Metode untuk 'mencetak' sejumlah [besar] warna dengan rentang warna perangkat yang terbatas
 - ❑ Saat melihat daerah sempit yang memuat sejumlah pixel, mata akan cenderung merata-ratakan warna
 - ❑ Contoh penggunaan: printer monokrom atau rentang warna yang sangat terbatas
-

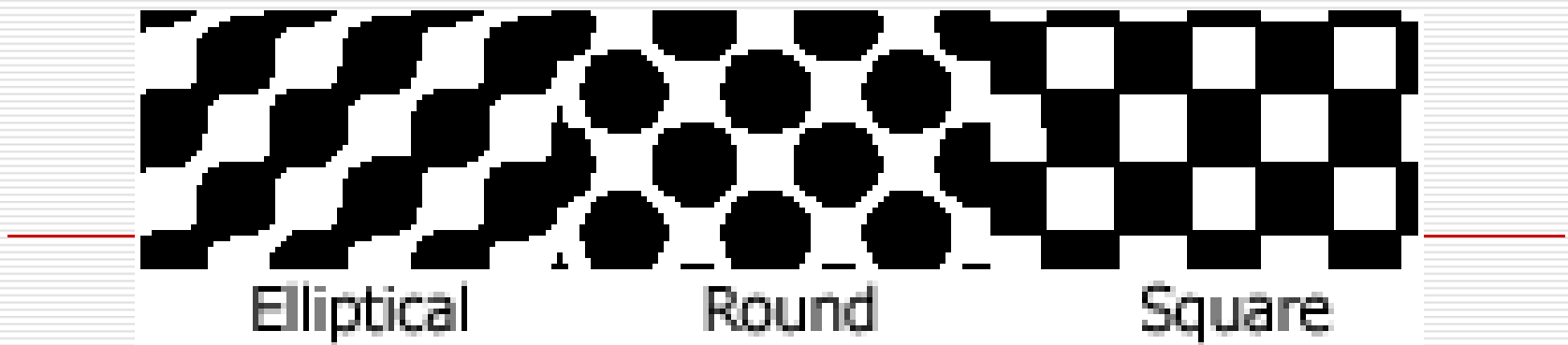
Grey scale:



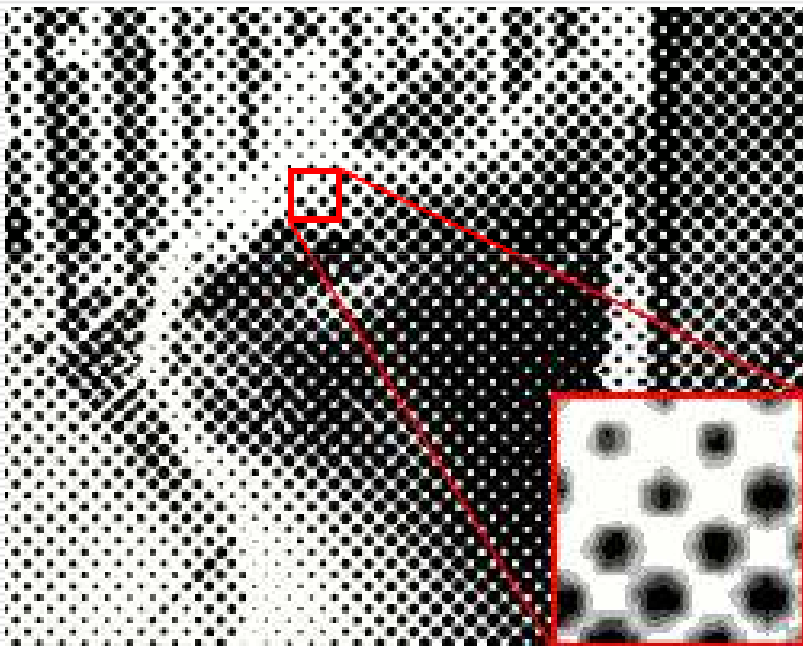
Halftoned Grey scale:



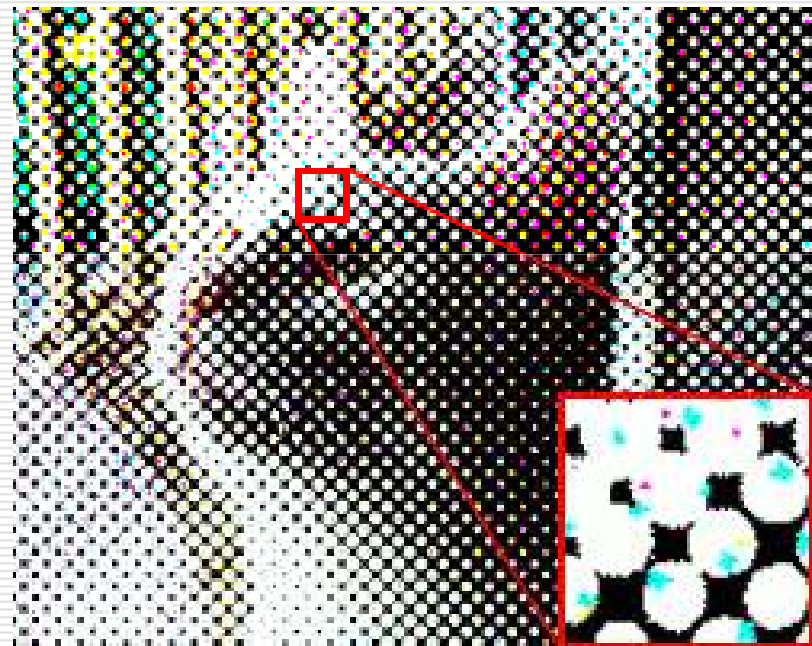
Dot shapes:



Contoh halftones



Black & white halftone

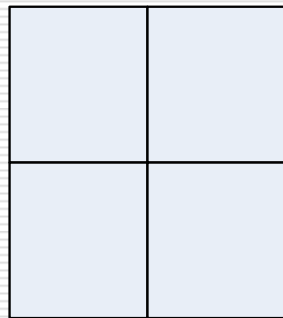


CMYK halftone

Digital halftoning

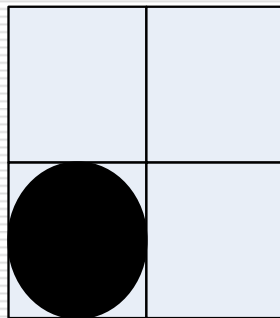
- Pendekatan halftoning dengan pola pixel-grid (rektangular)
 - Jumlah intensitas yang dapat ditampilkan tergantung dari
 - Jumlah pixel yang menyusun tiap grid
 - Jumlah level intensitas yang didukung oleh perangkat
 - Dengan $n \times n$ pixel pada sistem bilevel, jumlah intensitas yang bisa didapat = $n^2 + 1$
-

Grid 2 x 2 pixel, sistem bilevel → 5 level intensitas



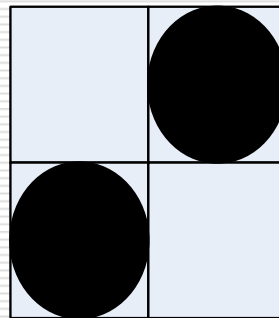
0

$$0 \leq | < 0.2$$



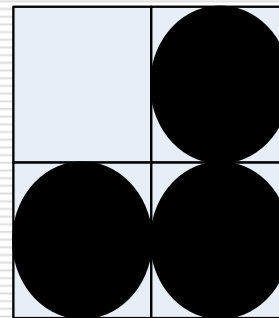
1

$$0.2 \leq | < 0.4$$



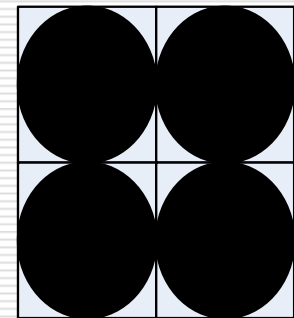
2

$$0.4 \leq | < 0.6$$



3

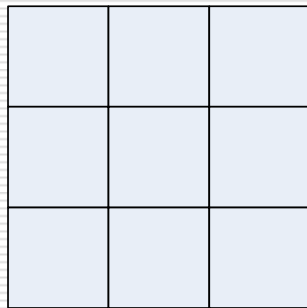
$$0.6 \leq | < 0.8$$



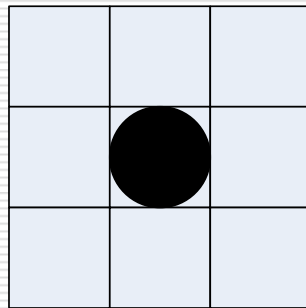
4

$$0.8 \leq | \leq 1$$

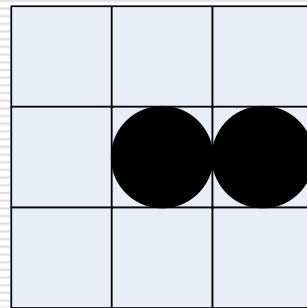
Grid 3 x 3 pixel, sistem bilevel → 10 level intensitas



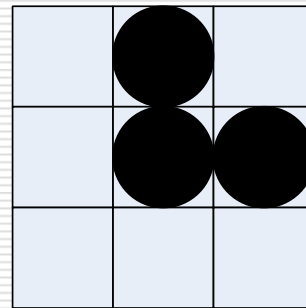
0
 $0 \leq I < 0.1$



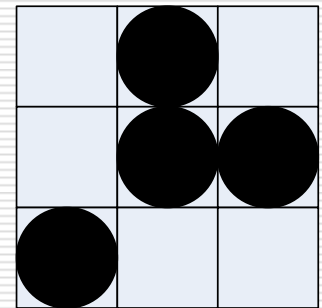
1
 $0.1 \leq I < 0.2$



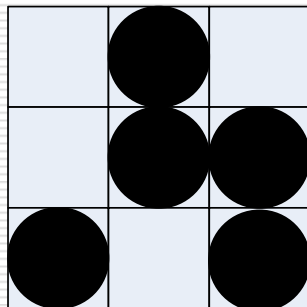
2
 $0.2 \leq I < 0.3$



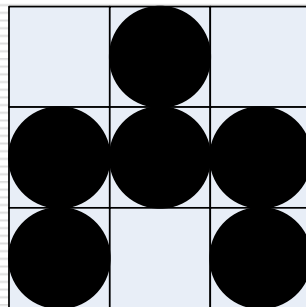
3
 $0.3 \leq I < 0.4$



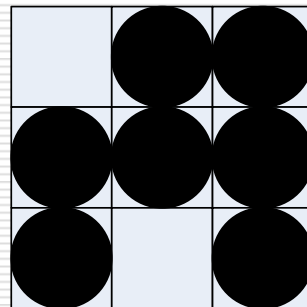
4
 $0.4 \leq I < 0.5$



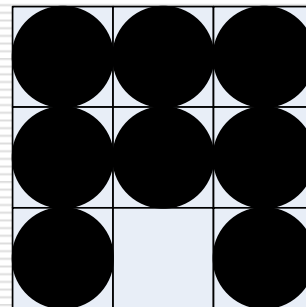
5
 $0.5 \leq I < 0.6$



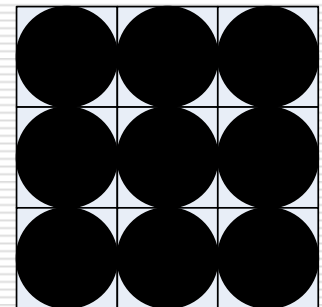
6
 $0.6 \leq I < 0.7$



7
 $0.7 \leq I < 0.8$



8
 $0.8 \leq I < 0.9$

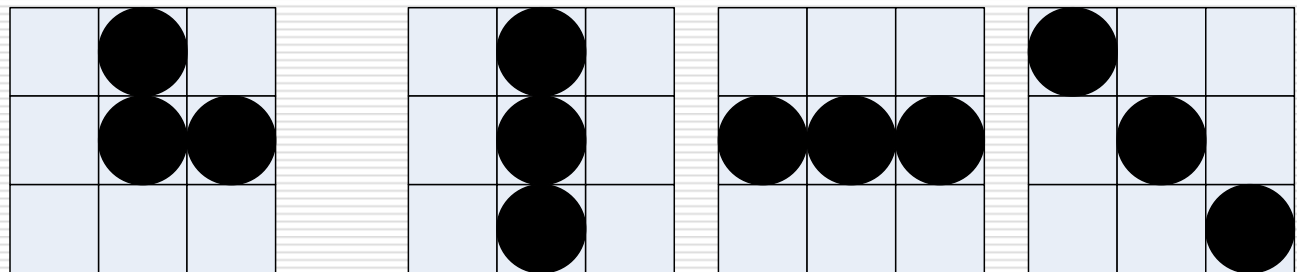


10
 $0.9 \leq I \leq 1$

Pola pixel grid

- Minimasi efek konturing → level $k+1$ evolusi dari level k ; sebisa mungkin mulai dari posisi tengah grid
- Minimasi efek visual lain yang tidak ada di citra asli → menghindari pola simetris

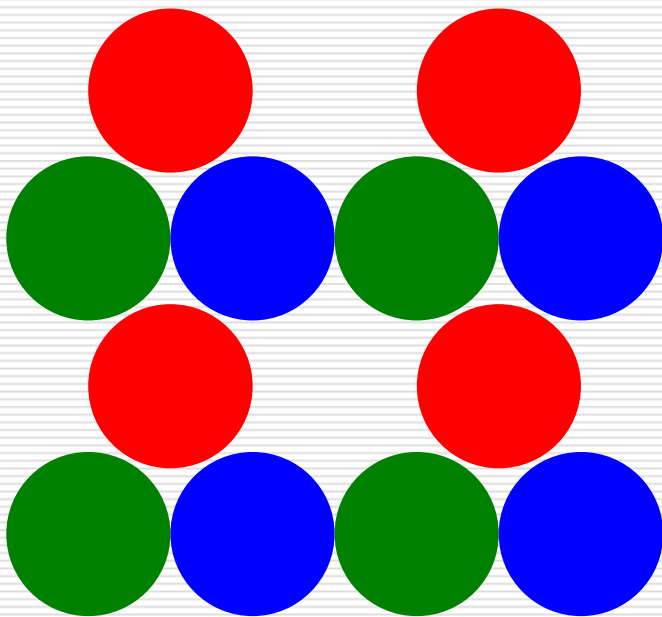
□ Contoh:



Pola pixel grid

- ❑ Minimasi efek konturing = mencegah efek efek kontur yang tidak ada dalam citra asli.
 - ❑ Pola pixel grid yang simetris akan menyulitkan dalam menghasilkan gradasi warna.
 - ❑ Penentuan pola pixel grid merupakan bawaan dari perangkat (printer dot matrik lebih mahal dibandingkan dengan printer inkjet).
-

Grid 2 x 2 pixel, RGB 3 bit / pixel
→ 125 warna



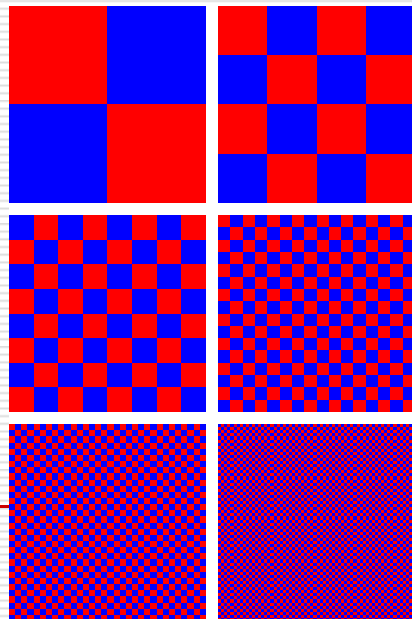
- 12 titik
 - 3 warna
 - Ukuran grid 2 x 2
→ $n=2$, 5 level pola
 - Jumlah warna yang
bisa dihasilkan = $5^3 =$
125
-

Konsekuensi halftoning

- Penggunaan grid $n \times n$ meningkatkan jumlah intensitas yang bisa ditampilkan \rightarrow menurunkan resolusi citra setara $1/n$ sepanjang sumbu x maupun y . Mengapa ??
 - Contoh: area tampilan 512×512 pixel
 - Grid $2 \times 2 \rightarrow 256 \times 256$ titik intensitas
-

Dithering

- Teknik untuk melakukan pendekatan halftoning dengan meminimalkan penurunan resolusi



Dengan hanya dua warna (Red & Blue), jika ukuran pixel cukup kecil, maka akan tampak seperti warna Magenta

Beberapa teknik Dithering

- ❑ Average dithering: memilih warna pixel yang paling dekat dengan rata-rata warna
- ❑ Ordered dithering: serupa dengan teknik yang digunakan pada halftoning (pixel-grid)
- ❑ Dither noise (random dithering): menambahkan noise (random) ke seluruh pixel untuk memperhalus batas antar intensitas
- ❑ Error diffusion: error antara intensitas input dengan intensitas pixel yang ditampilkan disebar (difusi) ke pixel-pixel di sebelah kanan dan bawahnya untuk mendapatkan tampilan yang lebih mendekati citra aslinya

Error Diffusion

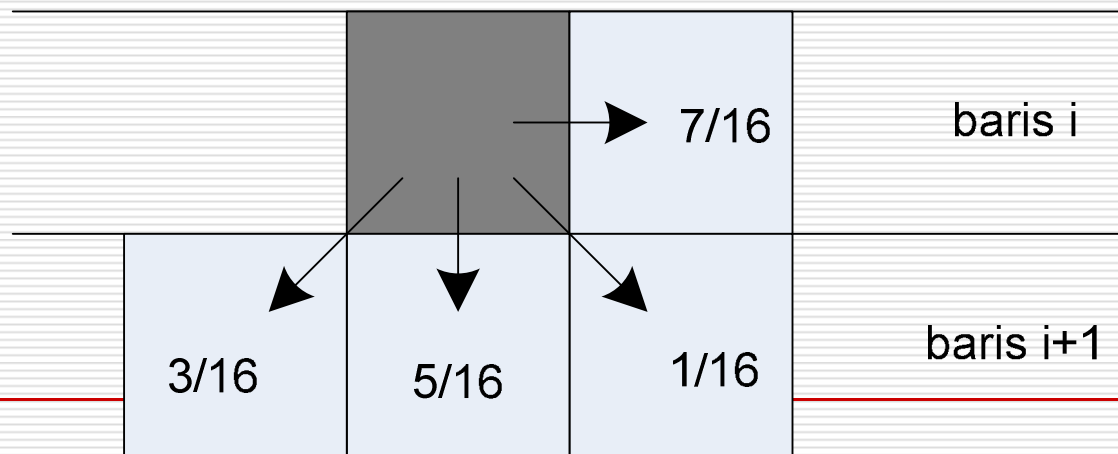
- ❑ Citra asli \rightarrow matriks M
 - ❑ Citra yang akan ditampilkan \rightarrow matriks I
 - ❑ Scan tiap baris pada M : kiri ke kanan, atas ke bawah
 - ❑ Tentukan level intensitas yang tersedia yang paling dekat untuk tiap elemen M
 - ❑ Perbedaan antara nilai asli pada M dengan nilai yang bisa ditampilkan untuk tiap pixel didistribusikan ke elemen tetangga di M
-

Algoritma error diffusion (disederhanakan)

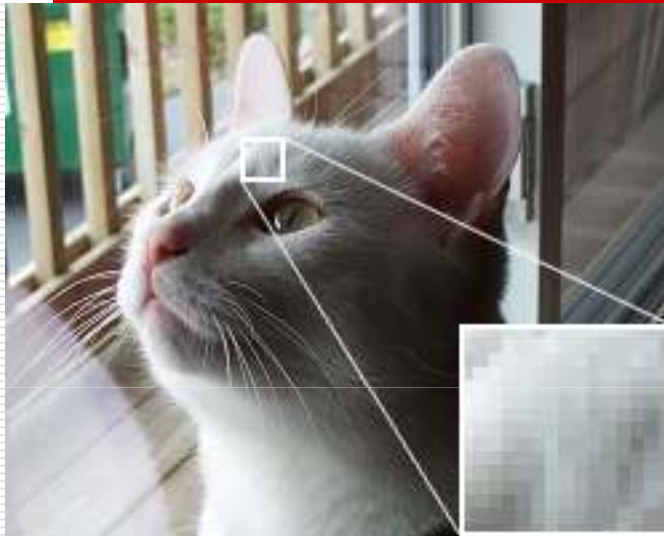
```
for i:=1 to m do
  for j:= 1 to n do
    begin
      {Tentukan intensitas tersedia  $I_k$ }
      {yang terdekat dengan nilai  $M_{i,j}$ }
       $I_{i,j} := I_k;$ 
       $err := M_{i,j} - I_{i,j};$ 
       $M_{i,j+1} := M_{i,j+1} + \alpha \cdot err;$ 
       $M_{i+1,j-1} := M_{i+1,j-1} + \beta \cdot err;$ 
       $M_{i+1,j} := M_{i+1,j} + \gamma \cdot err;$ 
       $M_{i+1,j+1} := M_{i+1,j+1} + \delta \cdot err;$ 
    end
  end
end
```

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$

- Nilai-nilai $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ bisa dipilih berapapun asal memenuhi $\alpha + \beta + \gamma + \delta \leq 1$
- Salah satu pilihan $(\alpha, \beta, \gamma, \delta) = (7/16, 3/16, 5/16, 1/16)$ kolom j

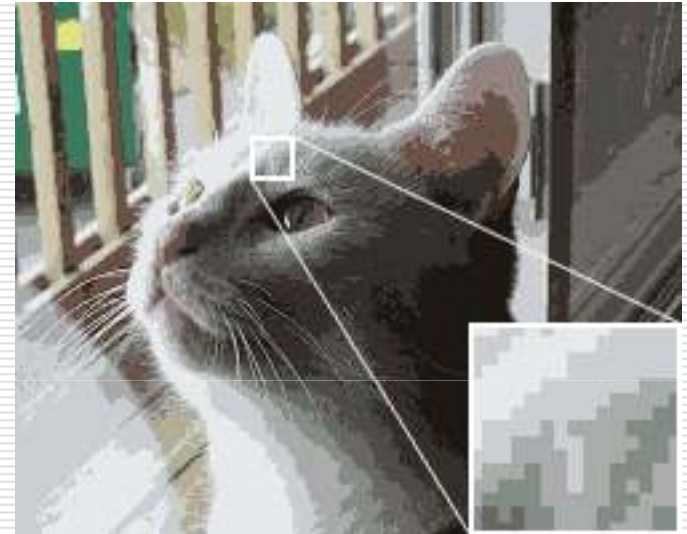


Contoh Dithering



Citra asli

16 warna,
tanpa dithering



16 warna,
dengan dithering
(error diffusion)

