

Pengantar Pemrosesan Citra Digital

(Bagian 1 – Update 2024)

IF4073 Pemrosesan Citra Digital

Oleh: Rinaldi Munir



Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung
2024

Buku Referensi Kuliah

Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., "Digital Image Processing", Prentice Hall, 3rd Ed.

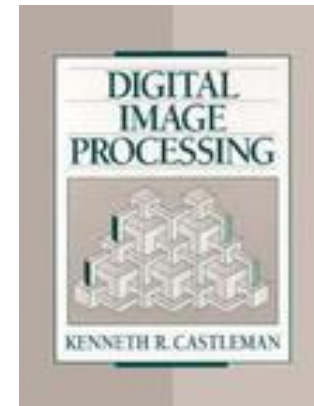
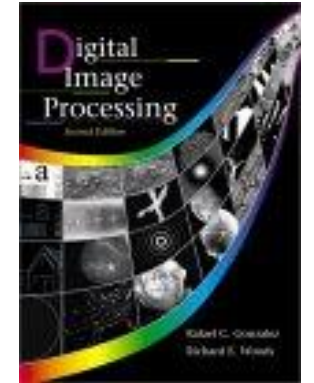
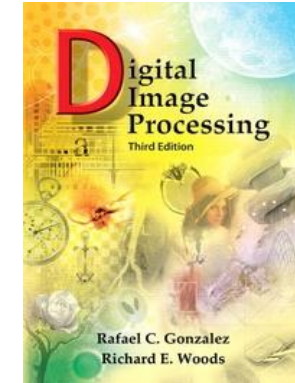
Jain, A. K., "Fundamentals of Digital Image Processing", PHI Learning, 1st Ed.

Bernd, J., "Digital Image Processing", Springer, 6th Ed.

Burger, W. and Burge, M. J., "Principles of Digital Image Processing", Springer

Scherzer, O., " Handbook of Mathematical Methods in Imaging", Springer

Kenneth R. Castelman, "Digital Image Processing", Prentice Hall



Citra (*image*) atau gambar

”Sebuah gambar bermakna lebih dari seribu kata”

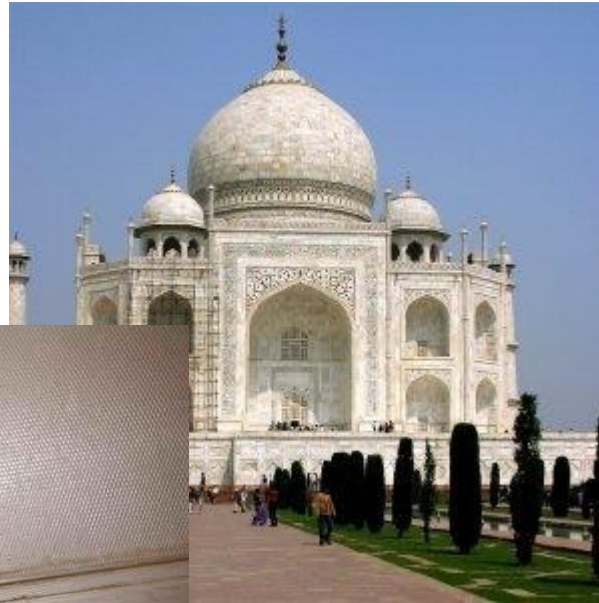
(A picture is more than a thousand words)



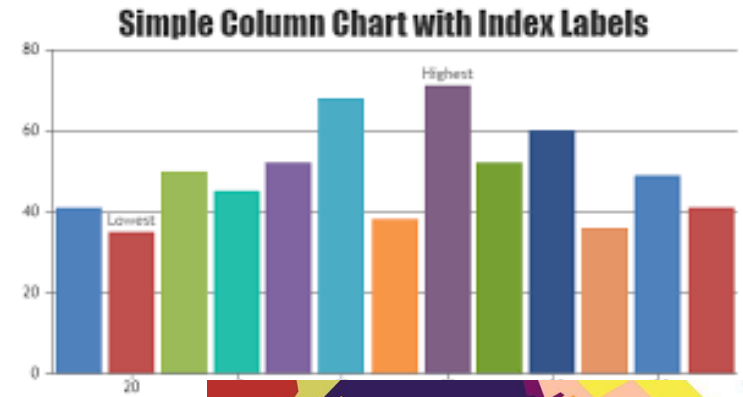
Artinya, citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi



Image vs Graphics



Citra



Graphics⁵

Citra

- Citra sering disebut juga **gambar** pada bidang dwimatra (2-D).
- **Citra** adalah sinyal dwimatra yang bersifat menerus (*continue*) yang dapat diamati oleh sistem visual manusia
- Secara matematis, citra adalah fungsi dwimatra yang menyatakan intensitas cahaya pada bidang dwimatra.

$$f(x, y)$$

(x, y) : koordinat pada bidang dwimatra

$f(x, y)$: intensitas cahaya (*brightness*) pada titik (x, y)

Citra sebagai luaran dari suatu sistem perekaman sinyal dapat bersifat:

1. Optik, berupa foto,
2. Analog, seperti gambar pada monitor televisi,
3. Digital, yang dapat langsung disimpan pada disk atau pita magnetik



Foto



Gambar digital

Citra diam vs citra bergerak

- Citra diam (*still image*) adalah sebuah citra tunggal
- Citra bergerak (*moving images*) adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara beruntun (sekuensial) sehingga memberi kesan sebagai gambar yang bergerak. Setiap citra diam disebut *frame*.



Citra diam



Frame-frame dari citra bergerak

- Video adalah contoh citra bergerak, terdiri dari banyak *frame*, dan dapat memiliki audio atau tanpa audio yang disimpan di dalam kanal yang terpisah dari *frame*

Video →



Foreman.avi



Frame 50



Frame 80



Frame 100



Frame 250

- Gambar animasi (seperti *animated GIF*) adalah contoh citra bergerak



Animated GIF



Frame 8



Frame 13



Frame 16



Frame 19

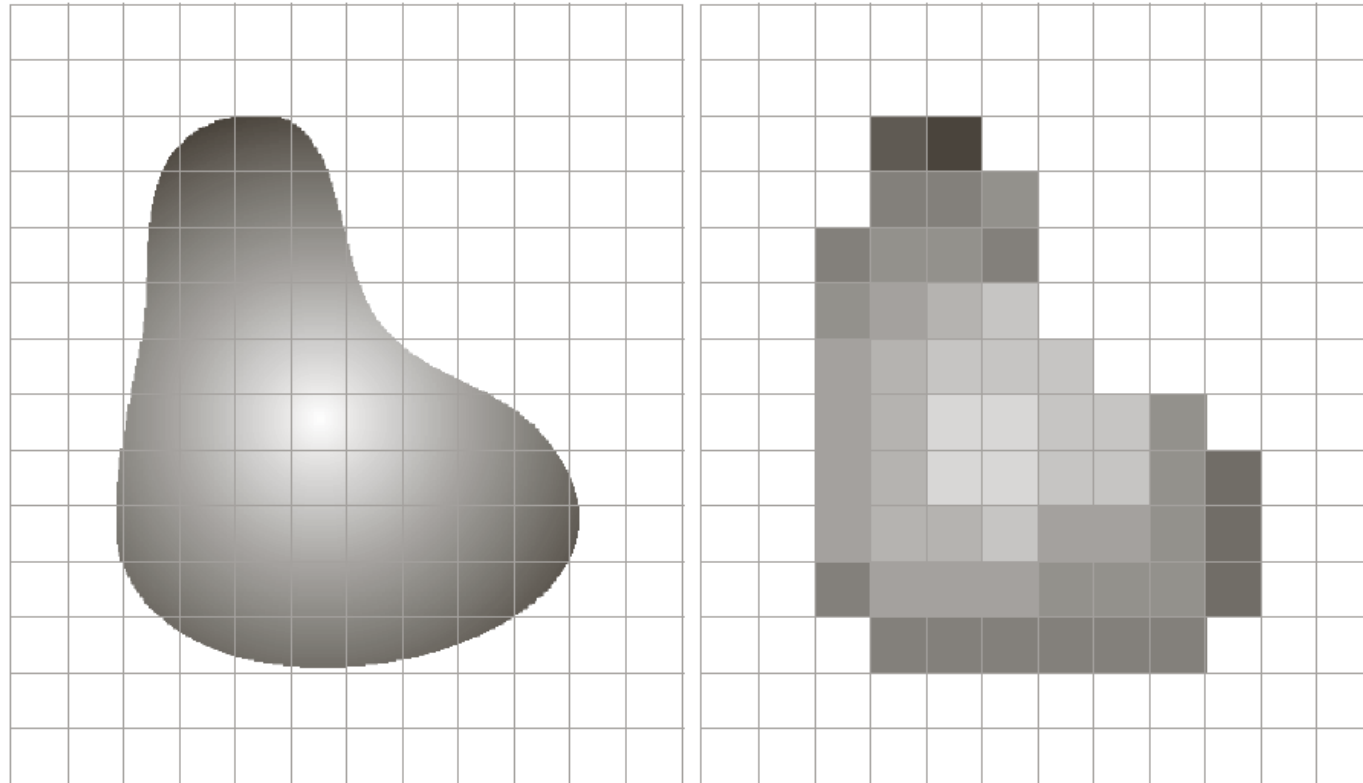


Frame 20

Citra Digital

- Citra digital adalah representasi citra kontinu melalui pencuplikan (*sampling*) secara ruang dan waktu.
- Pencuplikan secara ruang → berdasarkan koordinat sinyal (x, y)
- Pencuplikan secara ruang dan waktu → sederetan frame → video digital

Image sampling and quantization



a b

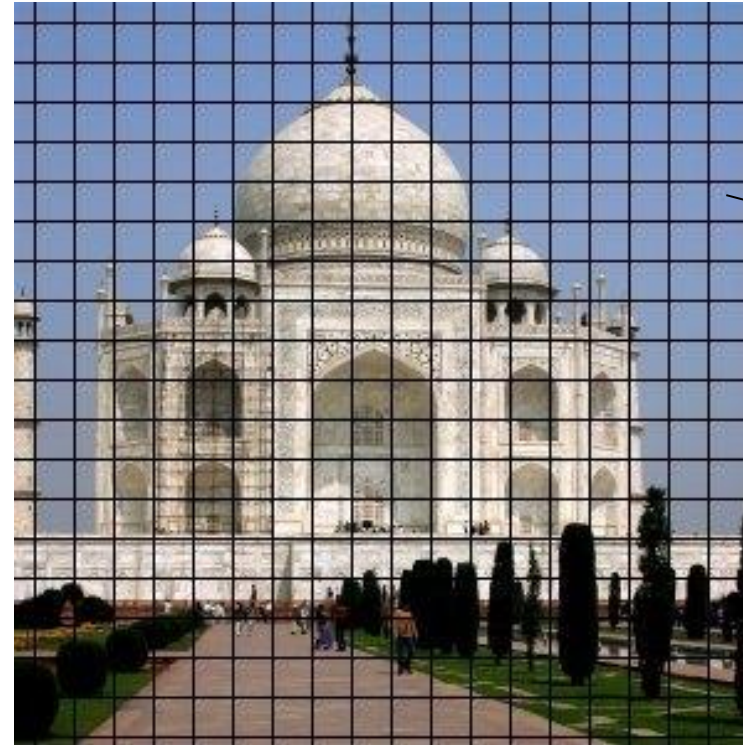
FIGURE 2.17 (a) Continuous image projected onto a sensor array. (b) Result of image sampling and quantization.

- Citra digital direpresentasikan sebagai matriks berukuran $M \times N$

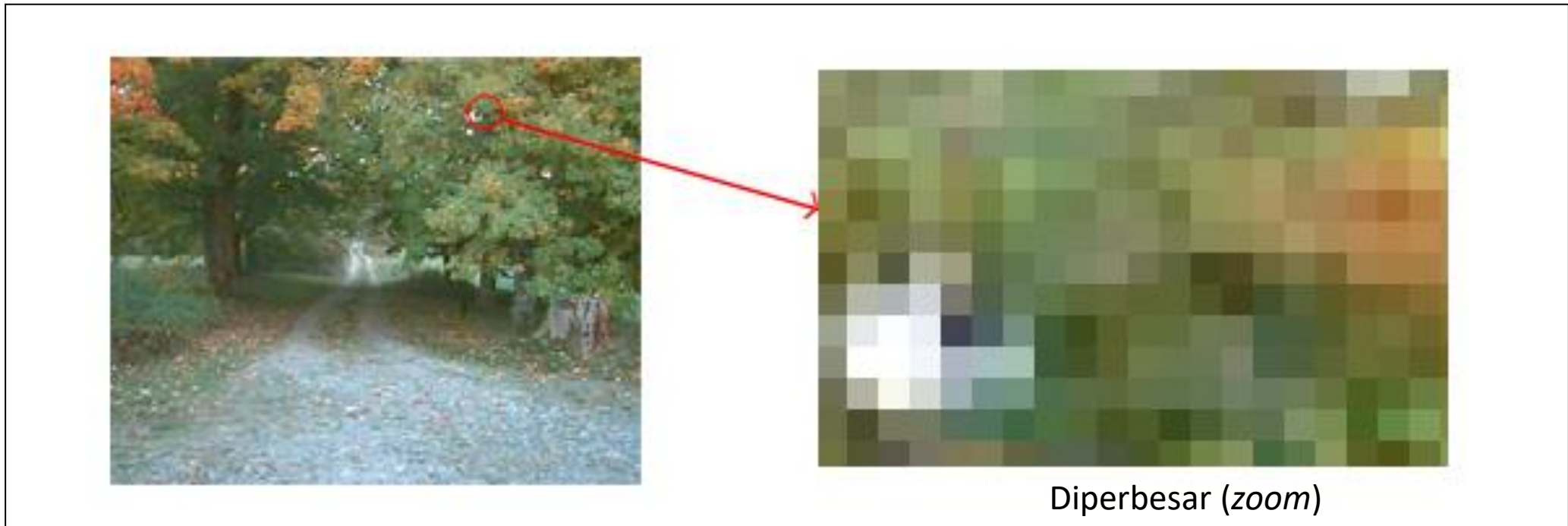
$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix}$$

- $M \times N$ menyatakan resolusi citra
- Setiap elemen matriks menyatakan sebuah *pixel* (*picture element*)

- Citra berukuran 1200 x 1500 berarti memiliki 1200 x 1500 pixel = 1.800.000 pixel



- Contoh: citra berukuran 200 x 300 disusun oleh 60000 *pixel*.



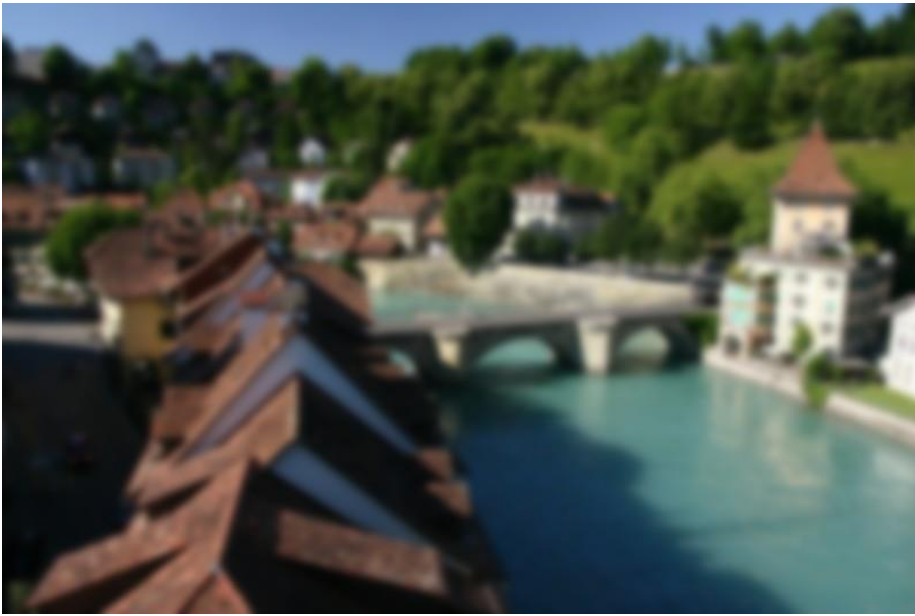
- Nilai setiap *pixel*, $f(x, y)$, menyatakan derajat keabuan (*grey level*) atau nilai intensitas.



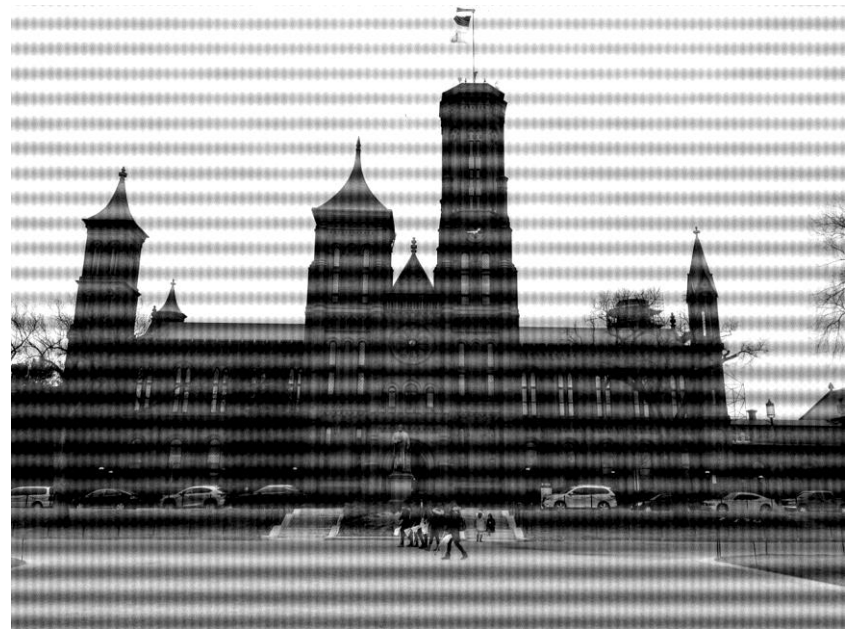
120	134	145	...	...	231
45	167	201	...	...	197
220	187	189	...	...	120
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
221	219	210	...	...	156

Pemrosesan citra

- Sebelum sebuah citra digunakan untuk suatu persoalan, maka citra tersebut perlu diproses terlebih dahulu
- Pemrosesan citra dilakukan karena citra seringkali mengalami penurunan mutu (degradasi), misalnya:
 - mengandung cacat atau derau (*noise*)
 - warnanya terlalu kontras,
 - kurang tajam
 - kabur (*blurring*)
 - distorsi geometri, dan sebagainya.
- Tentu saja citra semacam ini menjadi lebih sulit diinterpretasi lebih lanjut karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang.



Blur image



Noisy image



Dark image



Distortion image



Noisy image



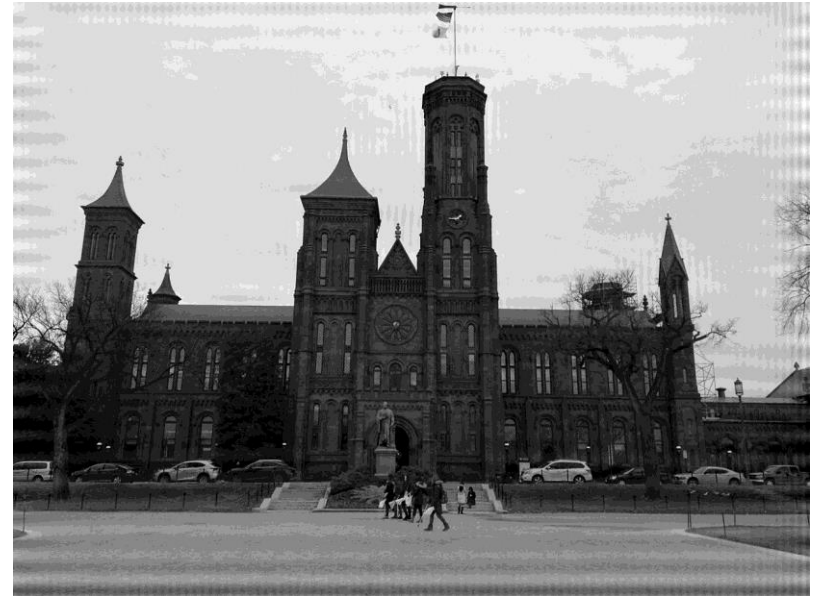
Citra dengan kotras terlalu gelap



Motion blur

- **Pemrosesan citra** bertujuan untuk mengolah citra menjadi citra lain yang memiliki kualitas visual lebih baik atau perlu diekstraksi fitur-fiturnya.
- **Pemrosesan citra digital** adalah pemrosesan citra digital dengan melakukan operasi-operasi pemrosesan sinyal dengan menggunakan komputer.
- Menurut Anil K Jain, umumnya, operasi-operasi pada pemrosesan citra digital diterapkan pada citra bila:
 1. perbaikan atau memodifikasi citra perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas penampakan atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung di dalam citra,
 2. elemen-elemen di dalam citra perlu dikelompokkan, dicocokkan, atau diukur,
 3. sebagian citra perlu digabung dengan bagian citra yang lain
 4. citra dimampatkan untuk mendapatkan representasi yang lebih kompak.

- Dengan melakukan pemrosesan citra, maka kualitas citra menjadi lebih baik sehingga dapat diinterpretasi lebih lanjut atau digunakan untuk tujuan pengenalan objek di dalam citra.

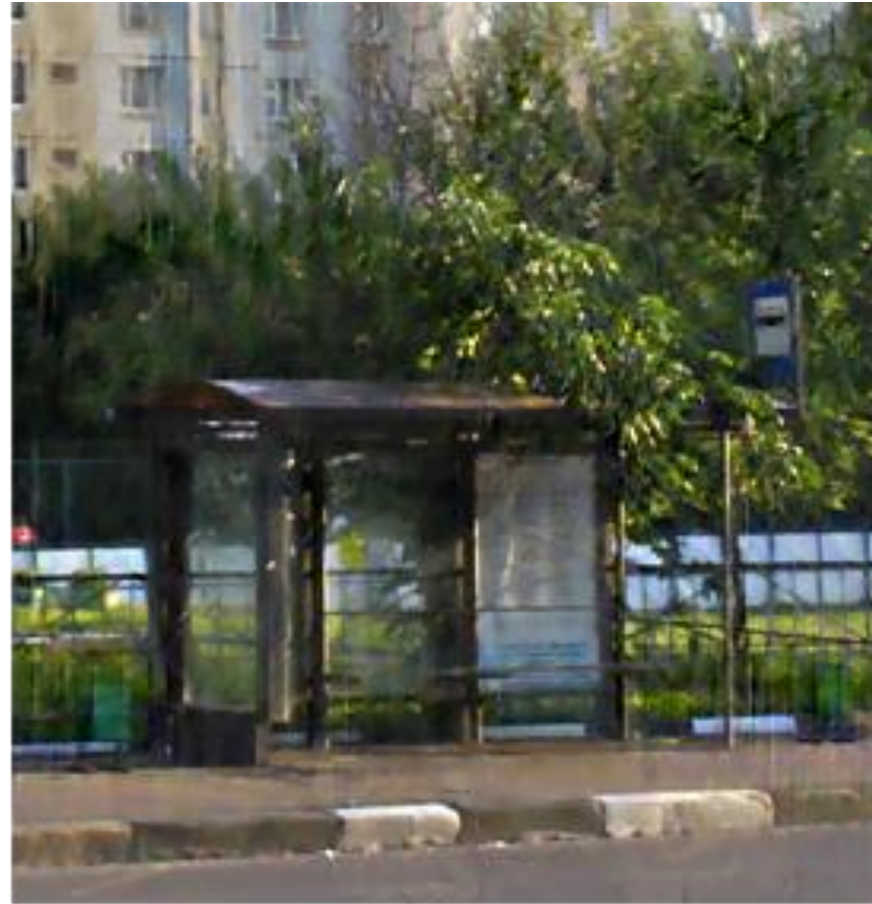








Before



After

Komponen Sistem Pemrosesan Citra Digital

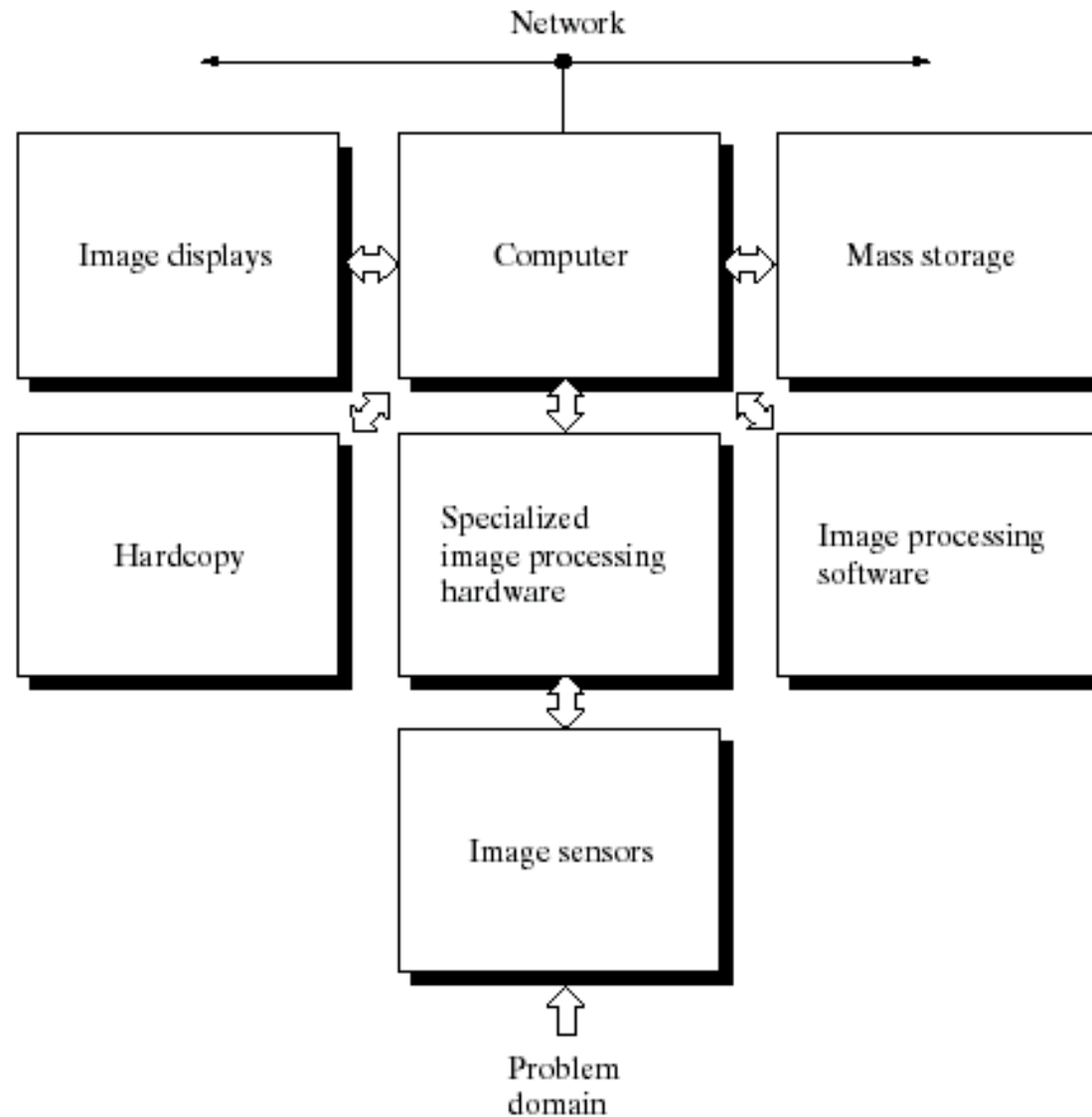
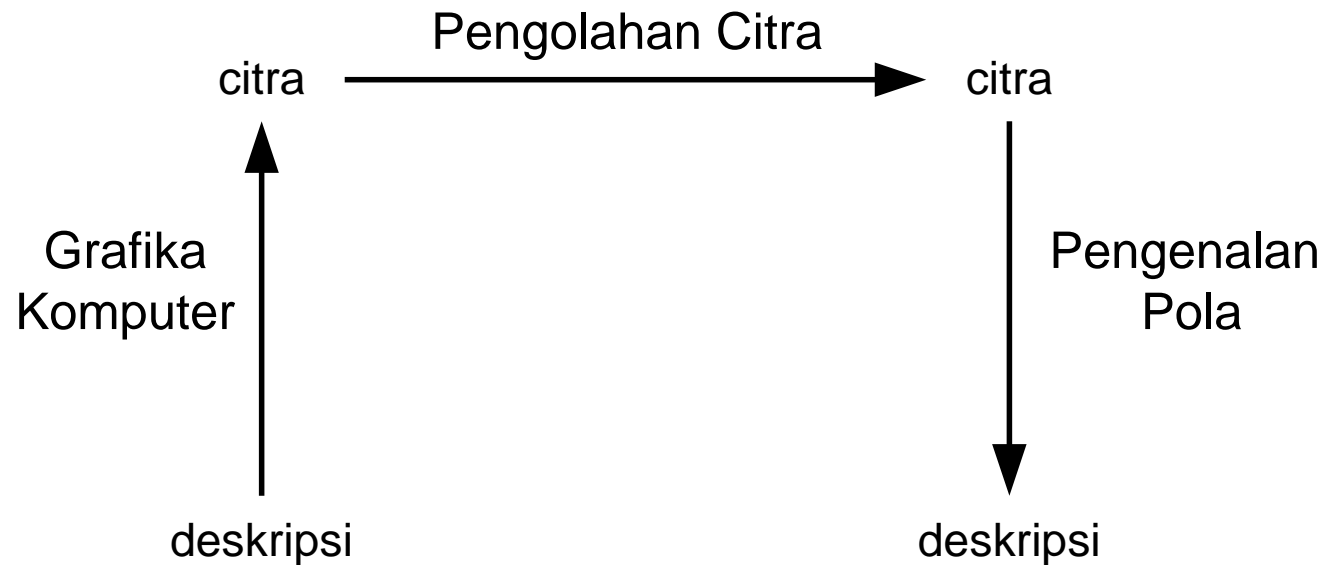


FIGURE 1.24
Components of a
general-purpose
image processing
system.

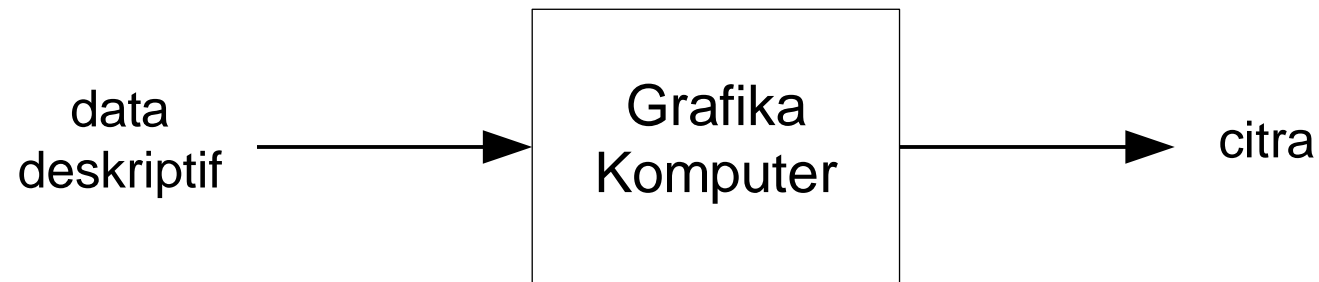
Tiga bidang studi yang berkaitan dengan data citra, namun tujuan ketiganya berbeda, yaitu:

1. **Grafika komputer** (*computer graphics*).
2. **Pemrosesan citra** (*image processing*).
3. **Pengenalan pola** (*pattern recognition* atau *image recognition*)



Grafika Komputer (1)

- Bertujuan menghasilkan citra (lebih tepat disebut grafik) dengan primitif-primitif geometri seperti garis, lingkaran, dan sebagainya.



- Primitif-primitif geometri tersebut memerlukan data deskriptif untuk melukis elemen-elemen gambar.
- Contoh data deskriptif adalah koordinat titik, panjang garis, jari-jari lingkaran, tebal garis, warna, dan sebagainya.

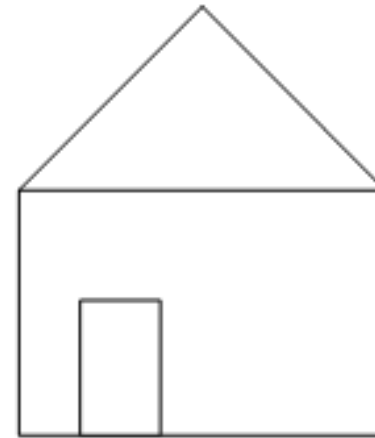
Grafika Komputer (2)

Program:

```
Line(0, 0, 0, 40)  
Line(0, 40, 60, 60)  
Line(40, 60, 80, 40)  
Line(0, 40, 80, 40)  
Line(80, 40, 80, 0)  
Line(80, 0, 0, 0)  
Line(20, 0, 25, 25)  
Line(25, 25, 35, 25)  
Line(35, 25, 35, 0)
```

(a)

Gambar hasil:

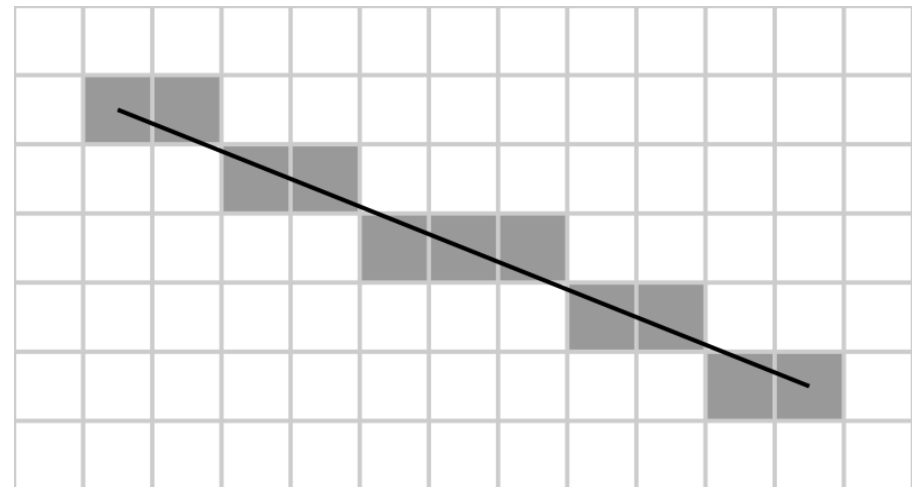


(b)

Grafika Komputer (3)

Algoritma Bresenham → membuat garis lurus

```
function Line(x0, x1, y0, y1)
  int deltax := x1 - x0
  int deltay := y1 - y0
  real error := 0
  real deltaerr := deltay / deltax
  // Assume deltax != 0 (line is not vertical),
  // note that this division needs to be done in a
  // way that preserves the fractional part
  int y := y0
  for x from x0 to x1
    plot(x,y)
    error := error + deltaerr
    if abs(error) ≥ 0.5 then
      y := y + 1
    error := error - 1.0
```



$$y - y_0 = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}(x - x_0).$$

$$\frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}(x - x_0) + y_0.$$

Grafika Komputer (4)



Grafika Komputer (5)

Kartun



By the year 3000, cosmetics will be much easier to apply.



The doctors of the future will also be magicians, so they'll be able to check your bones without x-rays.



To save on gas, schools of the year 3000 will replace all of their bus drivers with circus performers.

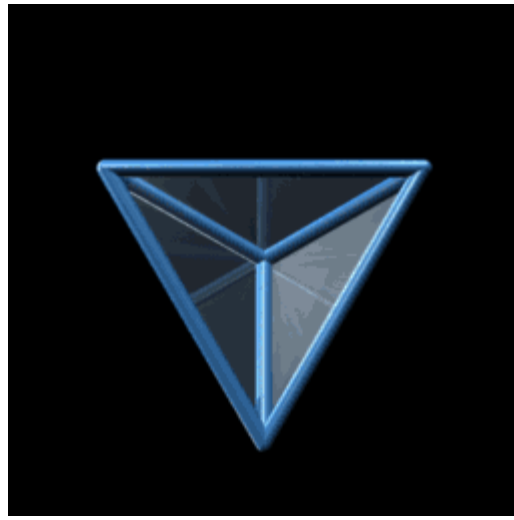
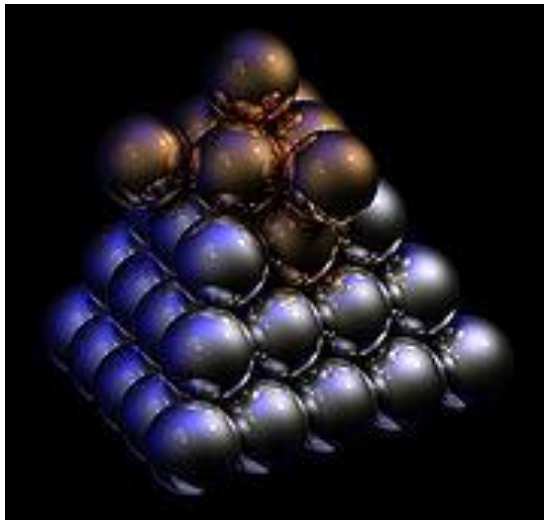


By the year 3000, special devices will automatically take care of your runny nose when you're sick.

Grafika Komputer (6)

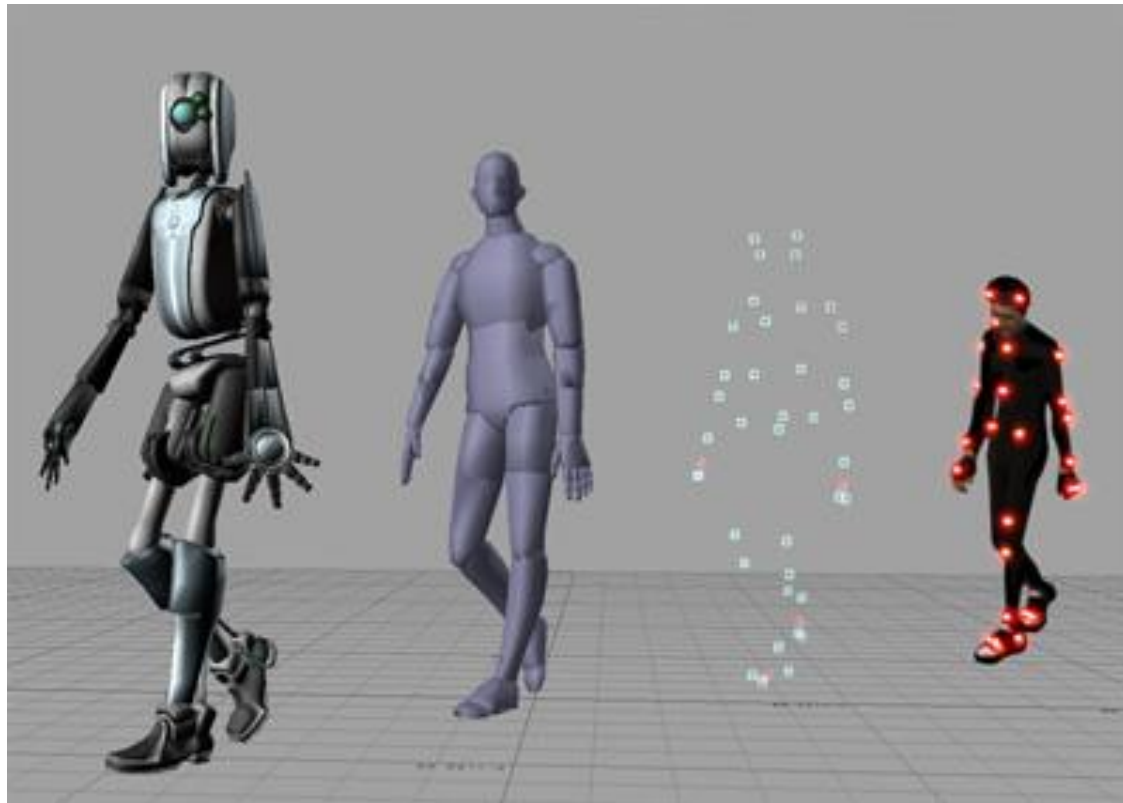
- Grafik 3D

Dibentuk dari *3D modelling* dan *3D rendering*



Grafika Komputer (7)

- Animasi komputer



Grafika Komputer (8)

- Animasi komputer

Algoritma sederhana:

Repeat

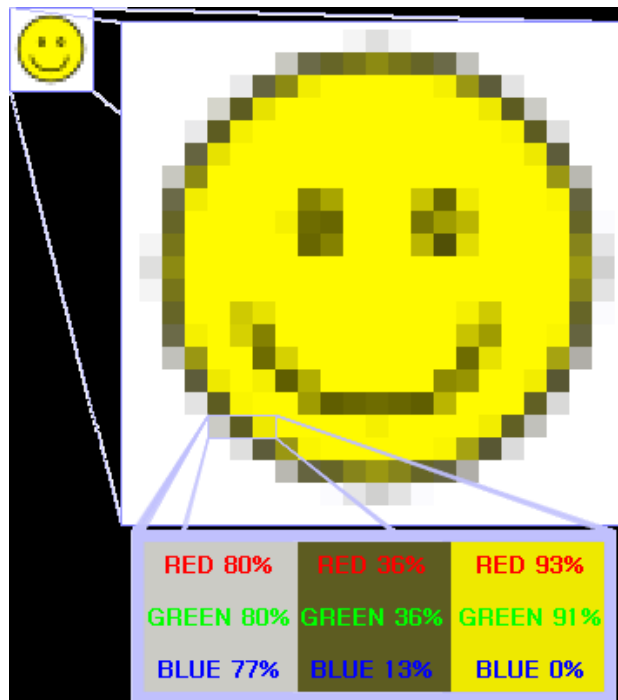
1. Latar belakang diwarnai hitam
2. Gambar kambing ditaruh di kanan
3. Munculkan kembali latar belakang hitam
4. Gambar kambing digeser ke kiri



Grafika Komputer (9)

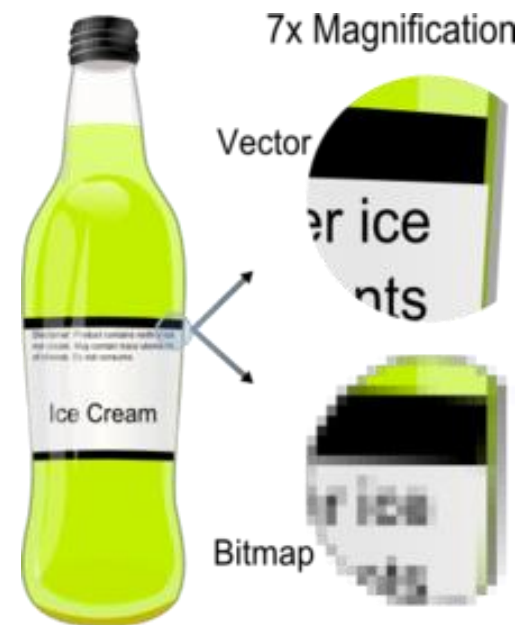
Jenis-jenis grafik:

1. Raster (*bitmap*)
 - *pixel*



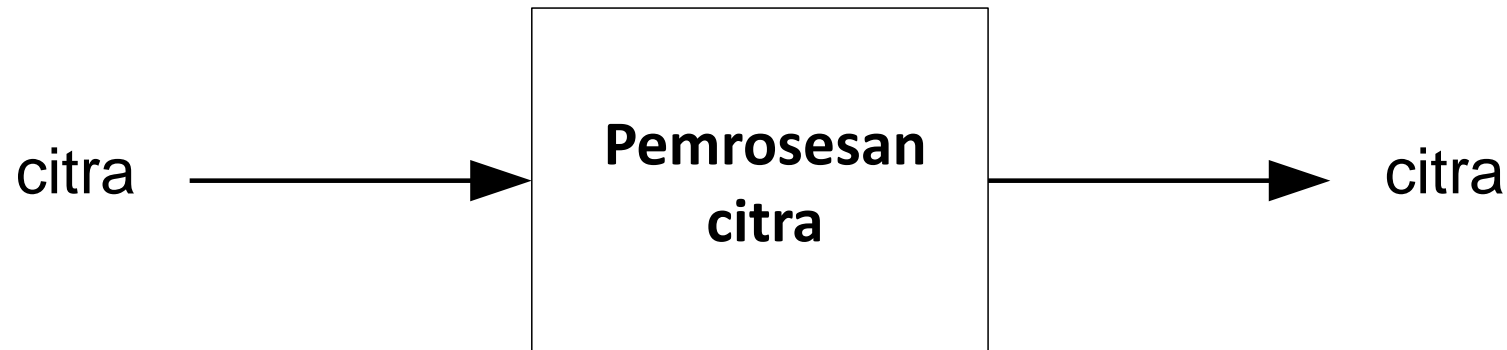
2. Vektor

- *dibentuk oleh primitif geometri (titik, garis, lingkaran, poligon)*



Pemrosesan Citra (1)

- **Pemrosesan citra** bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (dalam hal ini komputer).
- Teknik-teknik pemrosesan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain. Jadi, masukannya adalah citra dan keluarannya juga citra.



Pemrosesan Citra (2)



Image denoising

Pemrosesan Citra (3)



Image enhancement

Pemrosesan Citra (4)



Image deblurring

Pemrosesan Citra (5)



Image deblurring

Pengenalan Pola (1)

- **Pengenalan Pola** adalah metode analisis data secara otomatis oleh mesin untuk mengenali keteraturan (pola) di dalam data.
- Di dalam konteks citra, tujuan pengenalan pola adalah untuk mengenali suatu objek di dalam citra



Pengenalan Pola (2)



The screenshot displays a software interface for license plate recognition. On the left, a photograph of a dark grey car is shown with its license plate 'YT58FSZ' clearly visible. On the right, the software's processing results are displayed. At the top right, there is a text input field containing 'Enter the Start Image Number: (07900) : 11' and a 'Search' button. Below this, the text 'Recognized and Related Number Plate:' is followed by a large, bold, black box containing the white text 'YT58FSZ'. Underneath, it shows 'Image Size: 277 * 143' and 'Number of Characters Recognized: 7'. A second, similar black box with 'YT58FSZ' is shown below. At the bottom, the text 'Recognized Number Plate:' is followed by the characters 'Y T 5 8 F S Z' spaced out.

Enter the Start Image Number: (07900) : 11

Search

Recognized and Related Number Plate:

YT58FSZ

Image Size: 277 * 143

Number of Characters Recognized: 7

YT58FSZ

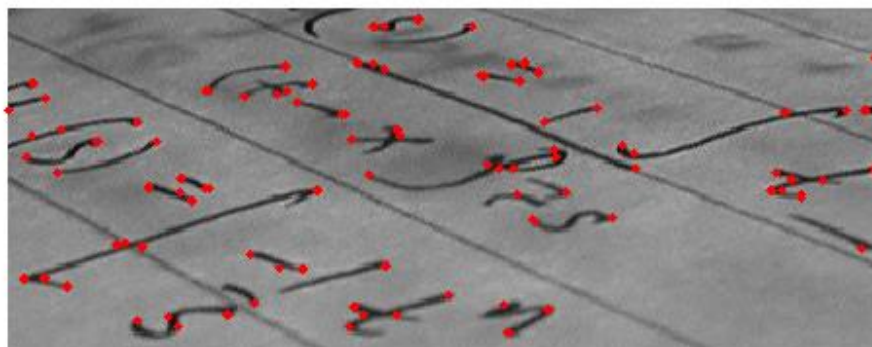
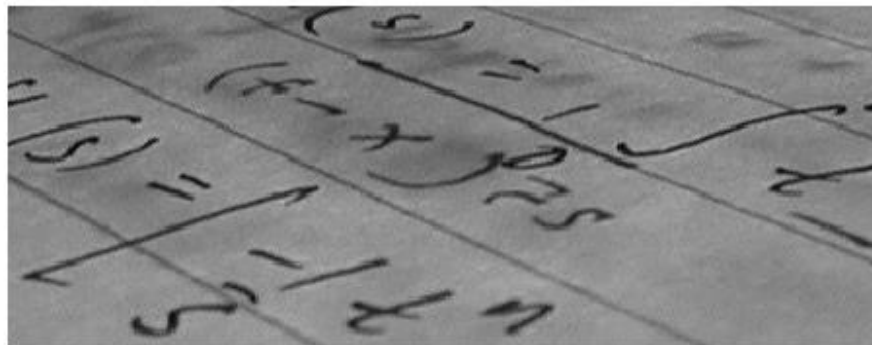
Recognized Number Plate:

Y T 5 8 F S Z

Pengenalan Pola (3)

- Ini huruf apa?

A



Operasi-operasi di dalam pemrosesan citra digital

1. Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*).
2. Pemampatan citra (*image compression*).
3. Pengorakan citra (*image analysis*)
4. Rekonstruksi citra (*image reconstruction*)
5. Restorasi citra (*image restoration*)
6. Pemampatan citra (*image compression*)

1. *Image Enhancement (1)*

- Bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra dengan cara memanipulasi parameter-parameter citra.
- Dengan operasi ini, ciri-ciri khusus pada citra lebih ditonjolkan.
- Contoh operasi:
 - perbaikan kontras gelap/terang
 - perbaikan tepian obyek (*edge enhancement*)
 - penajaman (*sharpening*)
 - *noise filtering*
 - koreksi geometrik

1. *Image Enhancement (1)*

- Perbaikan kontras gelap/terang



1. *Image Enhancement (2)*

- *Noise filtering*



1. *Image Enhancement (3)*

- Penajaman citra (*image sharpening*)



1. *Image Enhancement (4)*

- Koreksi geometrik



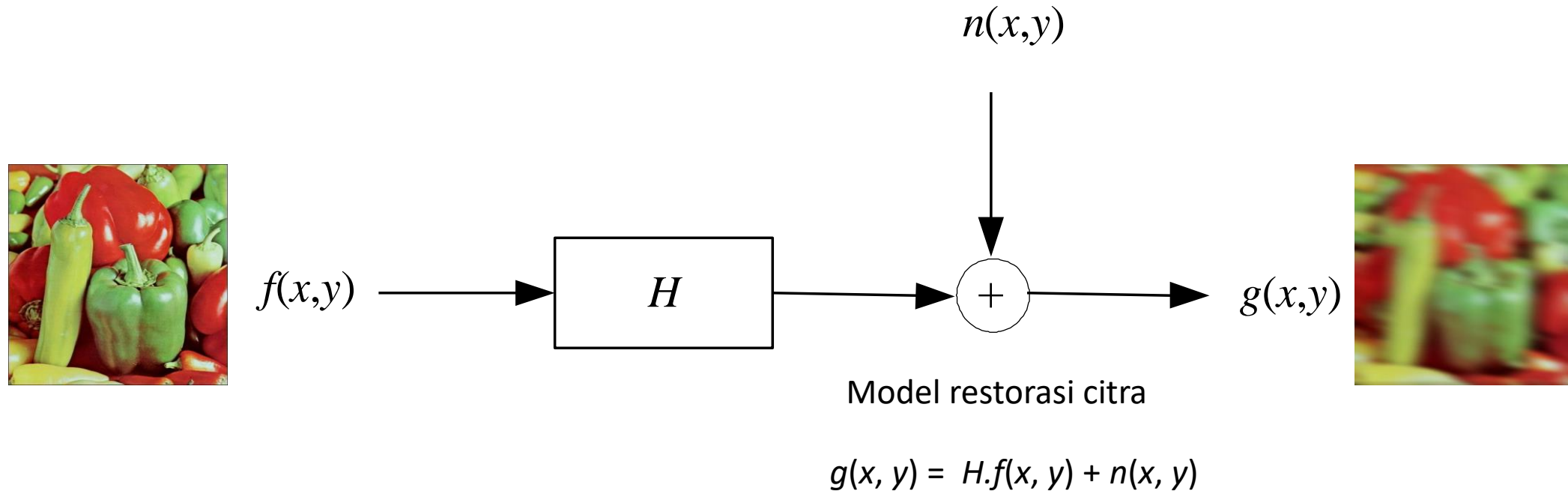
Menara terlihat miring



Hasil koreksi geometrik

2. Image Restoration (1)

- Bertujuan menghilangkan/meminimumkan cacat pada citra.
- Tujuan pemugaran citra hampir sama dengan *image enhancement*. Bedanya, pada pemugaran citra penyebab degradasi gambar diketahui.



2. *Image Restoration (2)*

Citra Lada asli



Citra terdegradasi (motion blur)



Citra lada terestorasi, jumlah iterasi = 5



Citra lada terestorasi, jumlah iterasi = 10



Citra lada terestorasi, jumlah iterasi = 15



Citra lada terestorasi, jumlah iterasi = 20



3. *Image Analysis (1)*

- Bertujuan menghitung ukuran kuantitatif dari citra untuk menghasilkan deskripsinya.
- Teknik pengorakan (analisis) citra mengekstraksi ciri-ciri tertentu yang membantu dalam identifikasi objek.
- Contoh-contoh operasi pengorakan citra:
 - Pendeteksian tepi objek (*edge detection*)
 - Ekstraksi batas (*boundary*)
 - Representasi daerah (*region*)

3. *Image Analysis (2)*



4. Kompresi Citra (1)

- Bertujuan menghilangkan redundansi pada citra.
- 2 Jenis kompresi pada citra digital:
 - *Lossless*
 - Data piksel dapat direkonstruksi menjadi data piksel yang sama persis dengan data sebelum kompresi.
 - Contoh format dokumen: GIF, PNG
 - *Lossy*
 - Data piksel tidak sama persis setelah proses kompresi (ada informasi yang hilang)
 - Contoh format dokumen: JPEG

4. Kompresi Citra (2)

Format Dokumen	Teknik Kompresi yang digunakan
<i>BMP</i>	<i>Run Length Encoding (RLE)</i>
<i>GIF</i>	<i>Lempel-Ziv (LZ)</i>
<i>PNG</i>	<i>LZ, Huffman</i>
<i>JPEG</i>	<i>RLE, Huffman dan DCT</i>

4. Kompresi Citra (3)



boat.bmp (258 KB)



boat.jpg (49 KB)