

Digital Images

Pengolahan Citra

Semester Gasal 2019 / 2020

Laksmi Rahadiani, Aniati Murni

Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia

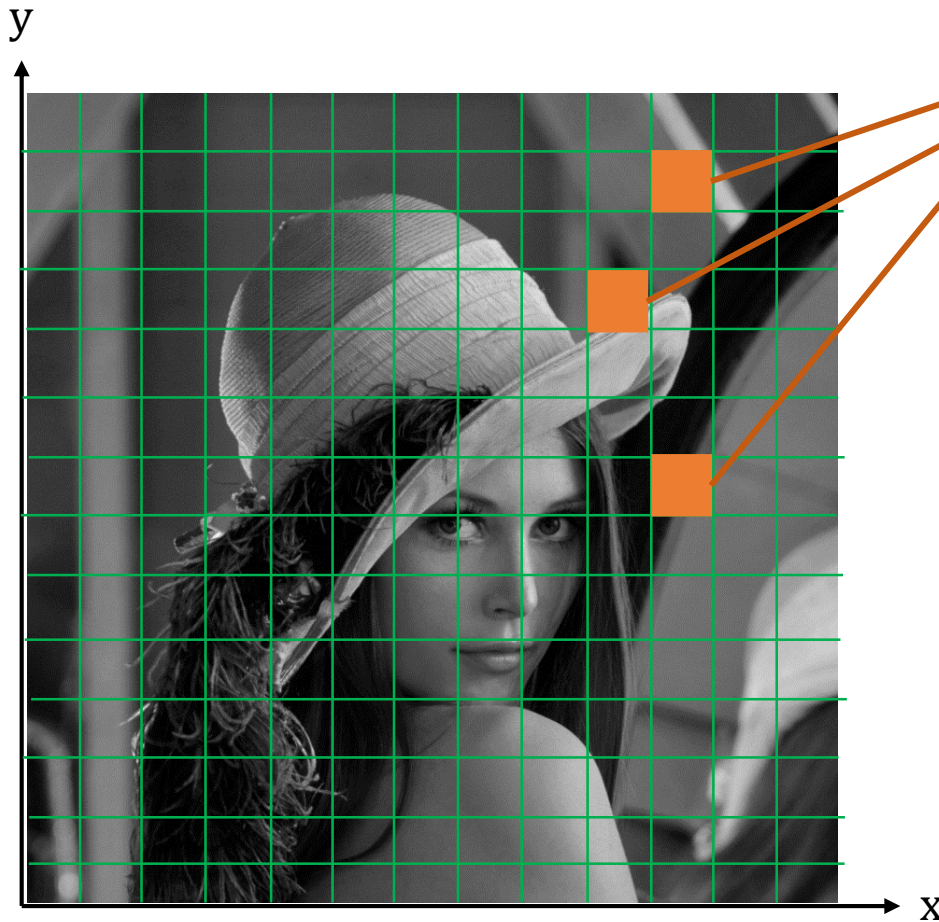
Digital Images



Discretization of..

- Spatial resolution
 - *Sampling*
- Intensity resolution
 - *Quantization*

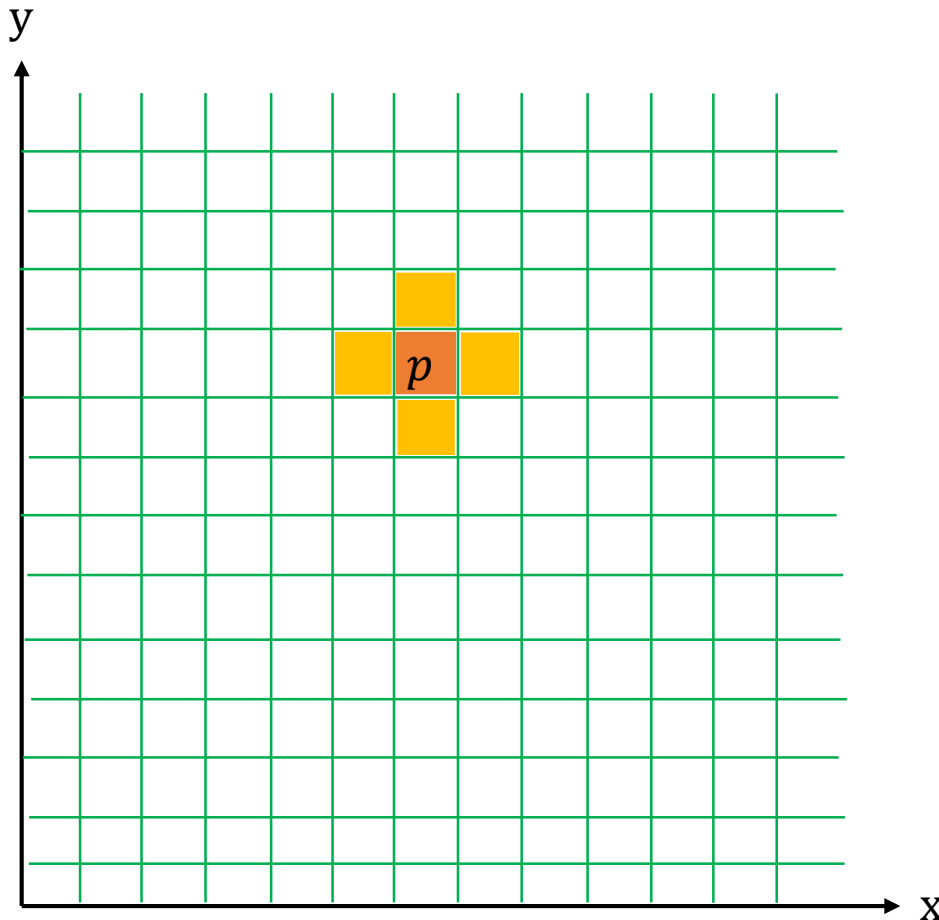
Elements of a Digital Image



- Pixels
- Picture elements

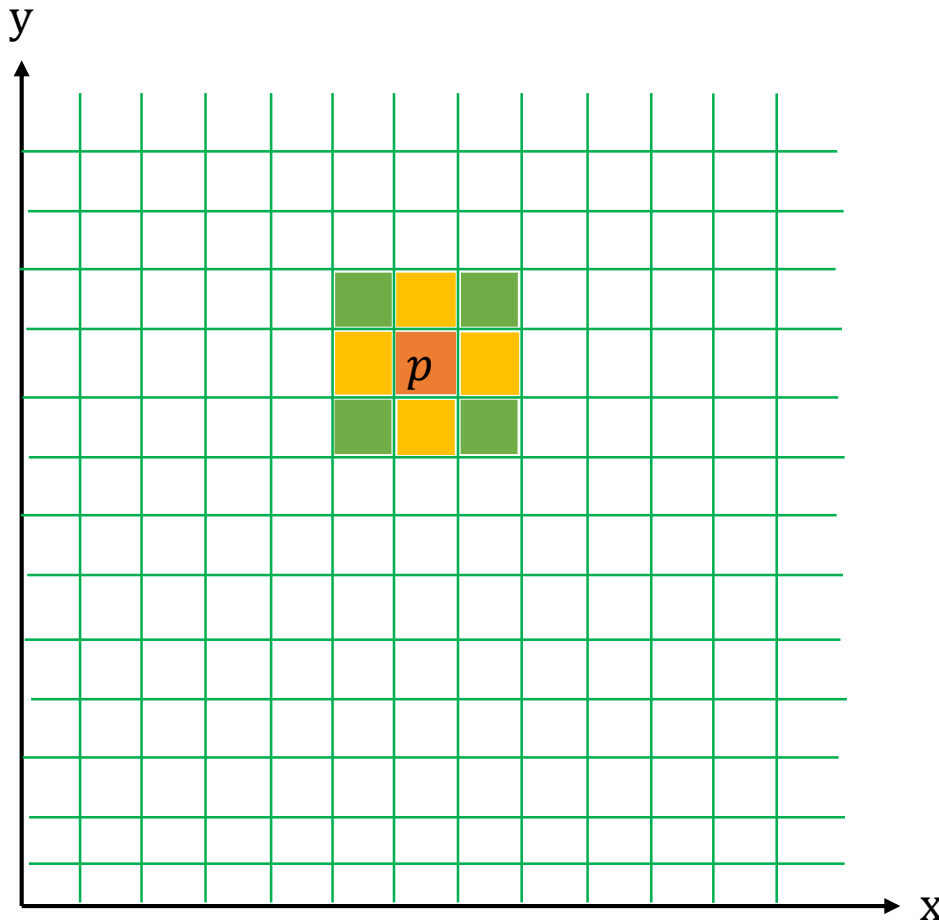
Pixel Neighbors

Pixel Neighbors



- A pixel $p(x, y)$
- Has 4 horizontal and vertical neighbors
 - **4-neighbors** $N_4(p)$
 - $(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)$

Pixel Neighbors



- A pixel $p(x, y)$
- Has 4 *more* diagonal neighbors
 - **8-neighbors** $N_8(p)$
 - $(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y + 1), (x - 1, y - 1)$

Adjacency and Connectivity

- 4-tetangga atau 8-tetangga dengan kriteria gray level yang sama
- Notation:
 - [Binary images] $V = \{1\}$: the adjacency of pixels with value 1

4-tetangga piksel P

	X						2
X	P	X		2	1	2	
	X		2	1	0	1	2
				2	1	2	
							2

$V = \{1\}$: 4-tetangga

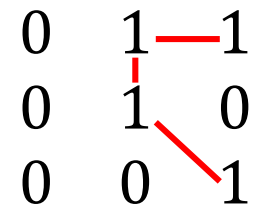
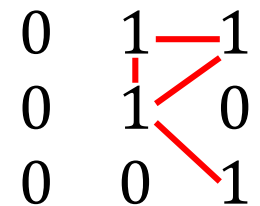
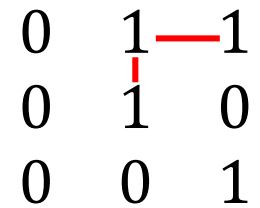
8-tetangga piksel P

X	X	X		2	2	2	2	2
X	P	X		2	1	1	1	2
X	X	X		2	1	0	1	2
				2	1	1	1	2
				2	2	2	2	2

$V = \{1\}$: 8-tetangga

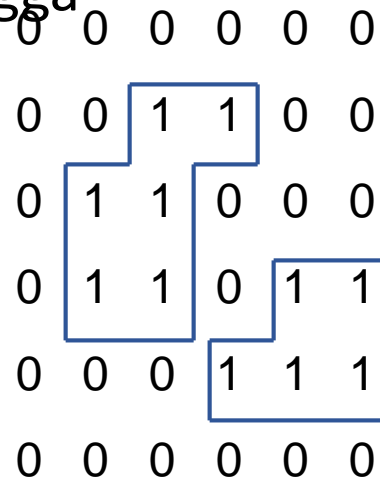
Adjacency and Connectivity (2)

- 4-adjacency: p and q that fulfill V are 4-adjacent if $q \in N_4(p)$
- 8-adjacency: p and q that fulfill V are 8-adjacent if $q \in N_8(p)$
- m-adjacency: p and q that fulfill V are m-adjacent if
 - $q \in N_4(p)$, or
 - $q \in N_D(p)$ and $N_4(p) \cap N_4(q)$ has no pixels that fulfil V



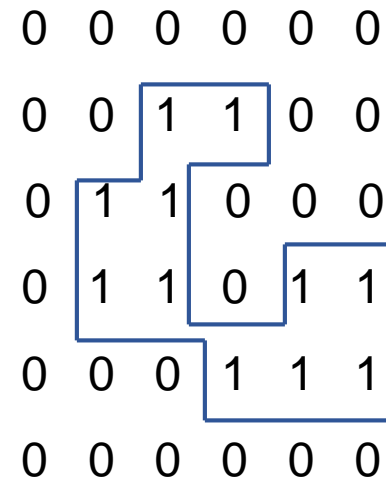
Connected Components

- Untuk $V = \{1\}$
 - (a) dengan aturan 4-tetangga dan (b) dengan aturan 8-tetangga



(a)

**diperoleh 2
connected
components**

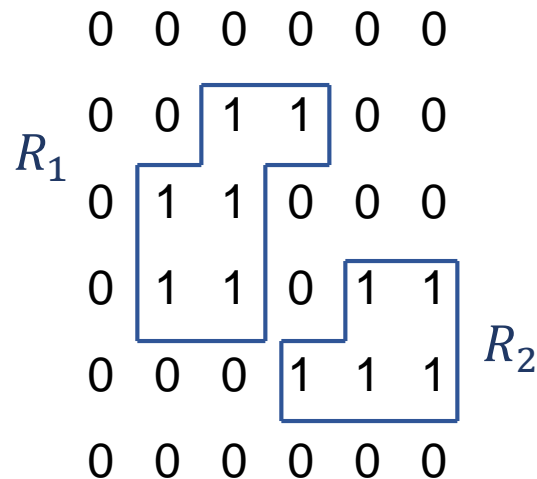


(b)

**diperoleh hanya 1
connected
component**

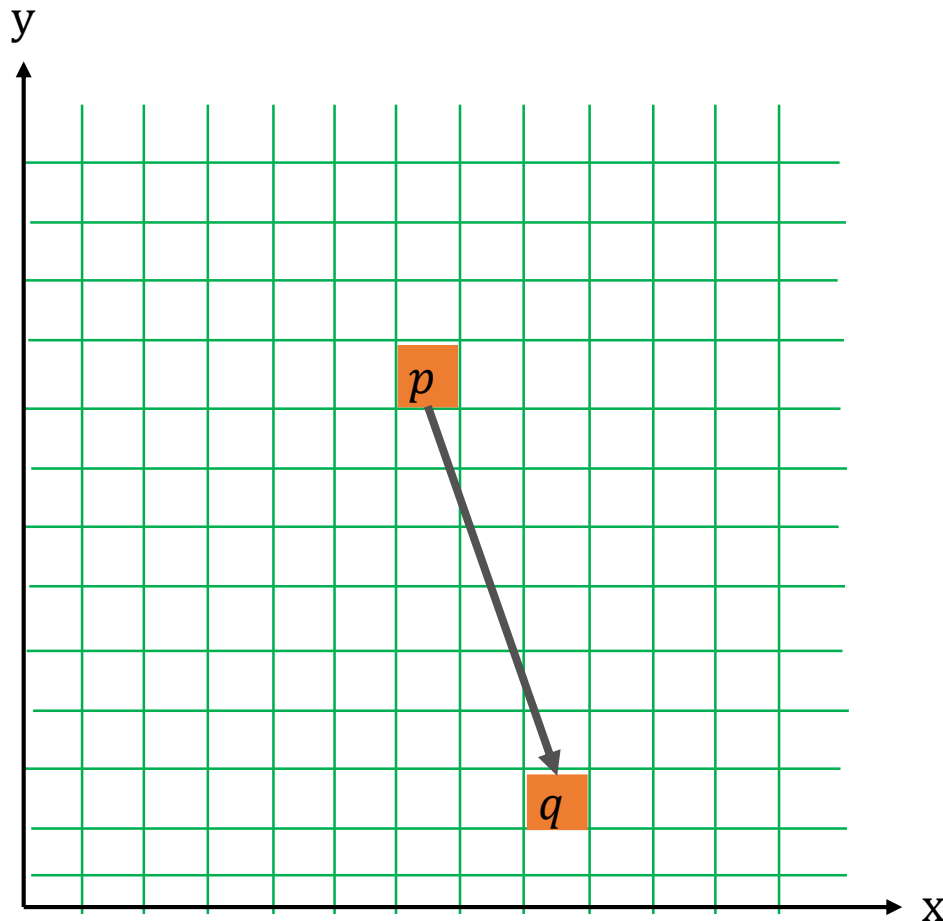
Connected Components (2)

- Within 1 connected component, all the pixels make up a *connected set*



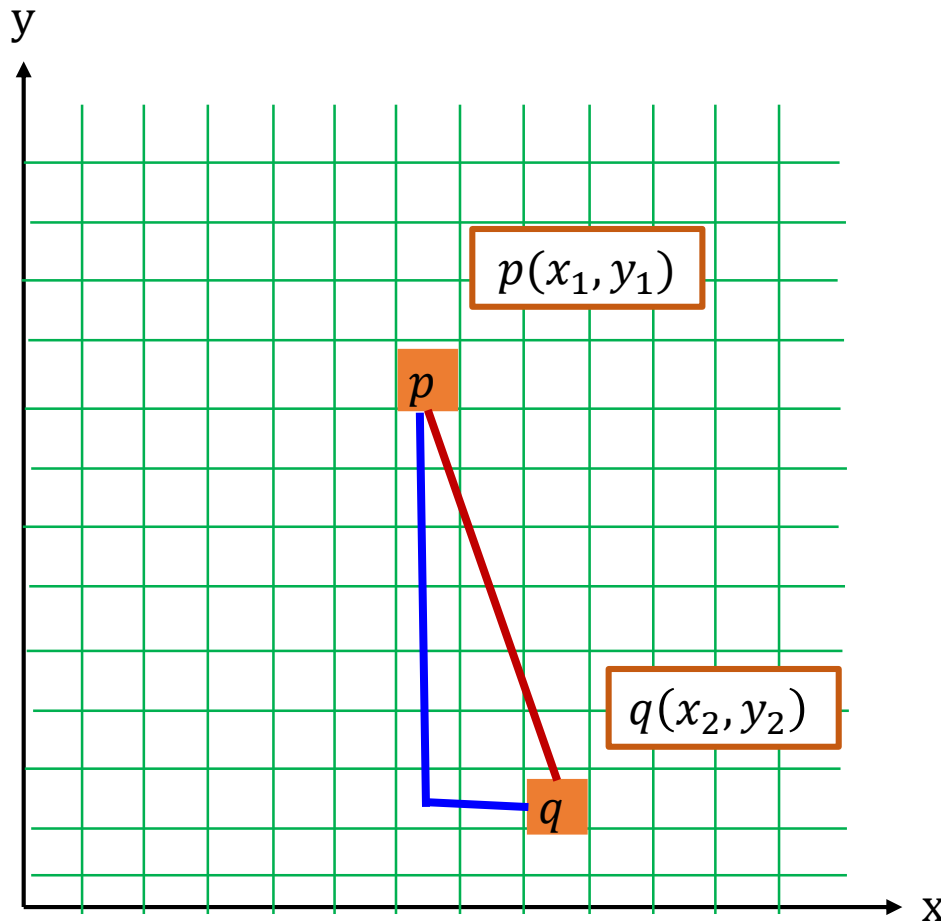
- R is a *region* of the image if R is a connected set
- 2 regions are *adjacent* if their union becomes a connected set, otherwise they are *disjoint*.
- Are R_1 and R_2 adjacent?

Distance between Pixels



- How can we compute the distance between pixels p and q ?

Distance Measures



- Euclidean Distance:

$$D(p, q) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

- City-block Distance:

$$D(p, q) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$$

..and some others

Mathematical Operations

Operasi Aritmetik pada Citra

- Operasi aritmetik
 - Operasi array: *pixel-by-pixel*

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

- Operasi matriks

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21} & a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21} & a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

- Operasi aritmetik antara 2 citra → asumsikan operasi array

Operasi Aritmetik pada Citra

- Operator: + - * /
- Examples:
 - Citra remote sensing yang multispektral dapat digabungkan, misalkan dengan menjumlahkan citra 2 buah band, untuk analisis vegetasi.
 - Operasi selisih atau rasio antara dua citra temporal dapat digunakan untuk deteksi perubahan wilayah
 - e.g object sama \rightarrow selisih 0
 - object tidak sama \rightarrow selisih not= 0).

Forest Clearing in Northern Alabama

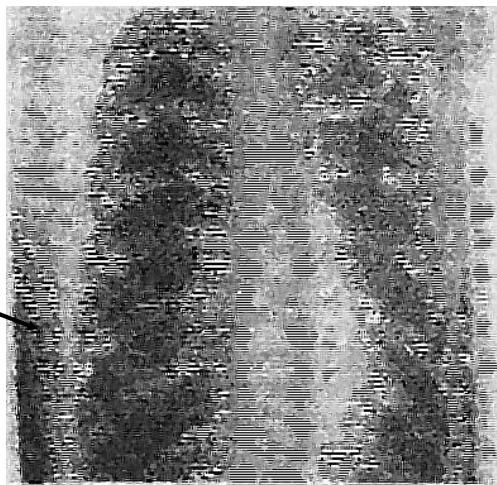


- NASA Earth Observatory image by Joshua Stevens, using Landsat data from the [U.S. Geological Survey](#)

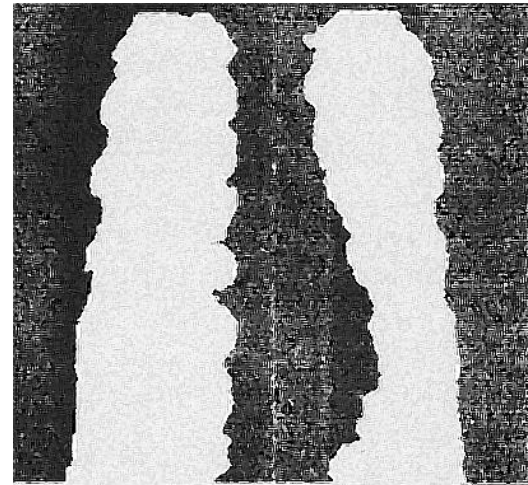
Operasi Logik pada Citra

- Operator: OR AND NOT
- Example:
 - Masking (AND) operation dapat digunakan untuk memisahkan antara bagian obyek dan bagian latar belakang pada citra biomedik.

Object of interest
'jaringan paru'

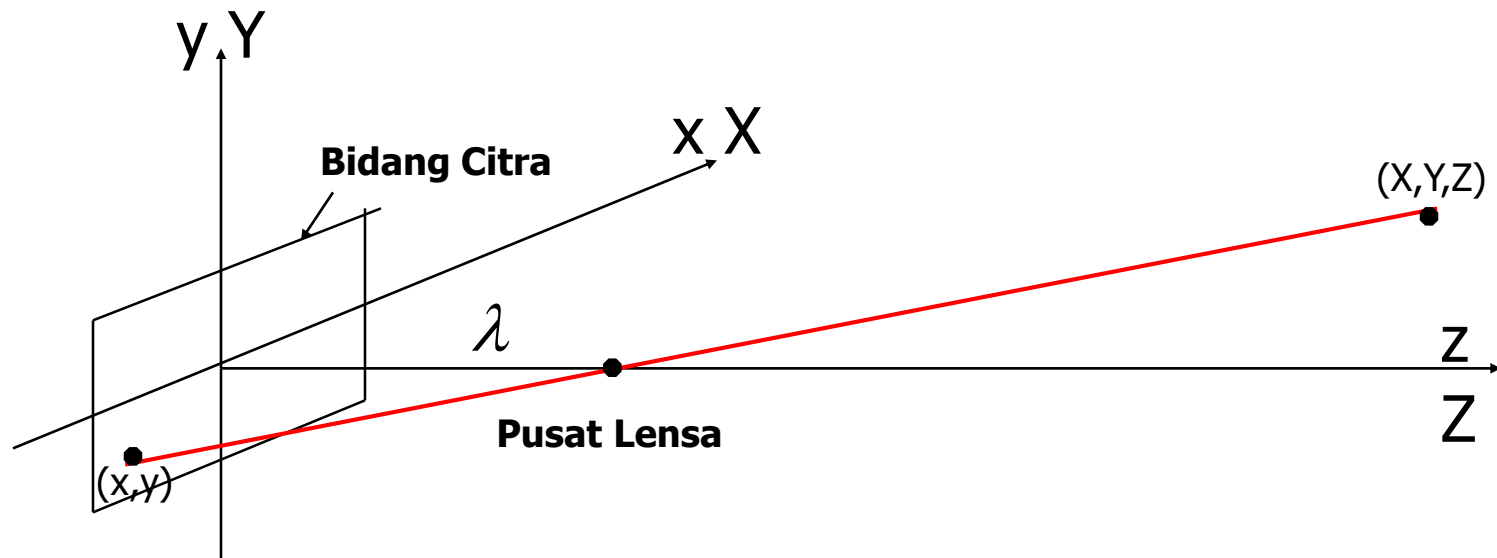


Mask dengan
operasi AND



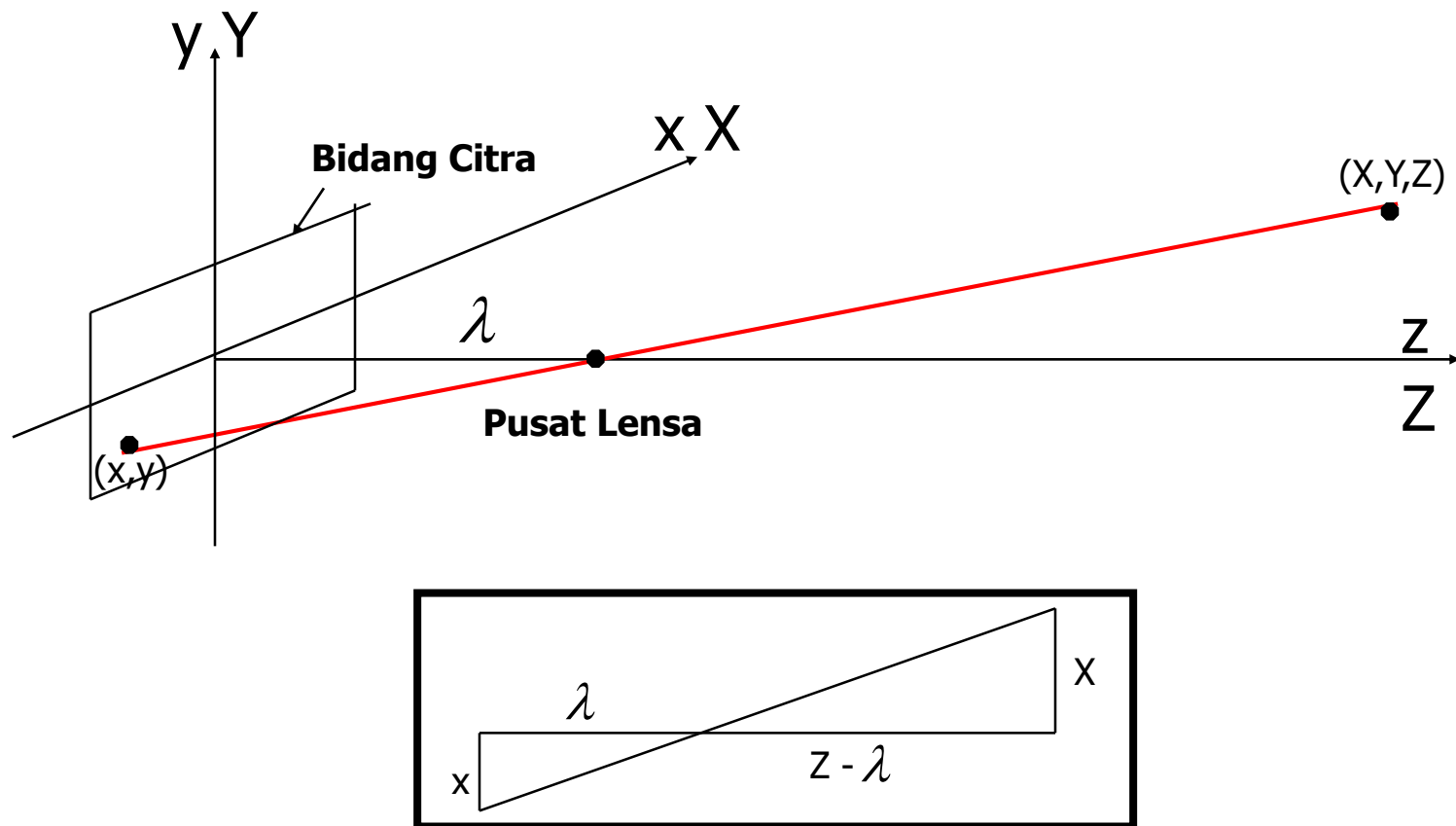
World to Image System Transformation

Camera and World Coordinate System

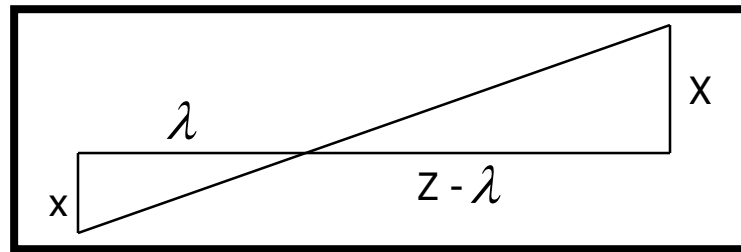


- Sistem koordinat kamera (x, y, z) dihimpitkan dengan system koordinat dunia (X, Y, Z)

Camera and World Coordinate System (2)



Camera and World Coordinate System (3)



- Bila kedua sistem sumbu (camera dan world) dihimpitkan, maka obyek (pada ruang world) dan citra (pada bidang citra) akan membentuk segitiga sama dan sebangun, sehingga:

$$\frac{-x}{\lambda} = \frac{X}{Z - \lambda}$$

$$x = \frac{\lambda X}{\lambda - Z}$$

$$y = \frac{\lambda Y}{\lambda - Z}$$

Homogeneous Coordinate System

- Koordinat obyek pada *world system* umumnya ditulis dalam *homogeneous coordinate system*
- Jika koordinat Cartesian (W_c) dan homogeneous system (W_h)

$$W_c = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \qquad W_h = \begin{pmatrix} kX \\ kY \\ kZ \\ k \end{pmatrix}$$

k adalah *non-zero constant*, biasanya diambil $k = 1$.

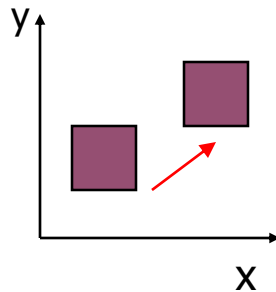
- Cartesian coordinate W_c (X,Y,Z) diperoleh dari Homogeneous coordinate W_h dengan cara

Transformasi Geometrik dengan Homogeneous Coordinate System

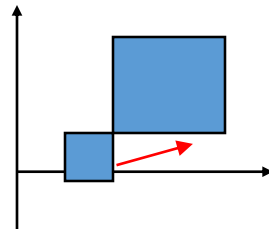
- Why?
 - Diperlukan suatu representasi yang seragam (homogeneous representation)
 - Untuk memungkinkan dilakukannya transformasi komposit secara efisien
 - Untuk menyimpan faktor normalisasi koordinat akibat transformasi yang dilakukan berturut-turut

Transformasi Geometrik pada Citra

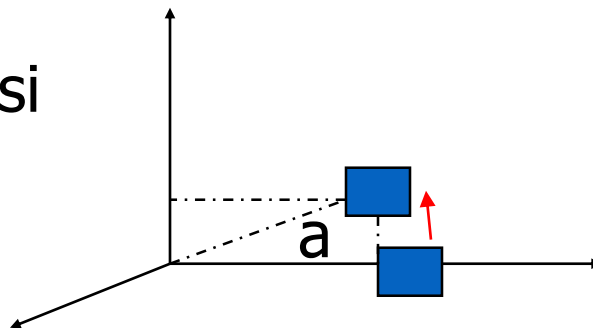
Translasi



Skala/
Dilatasi



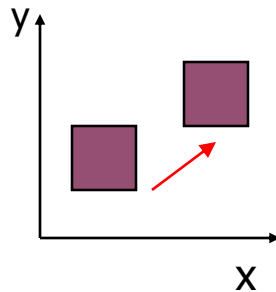
Rotasi



*) Recall transformasi geometrik linier dengan menggunakan perkalian matriks

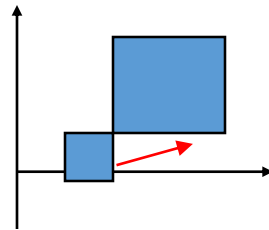
Transformasi Geometrik pada Citra

Translasi



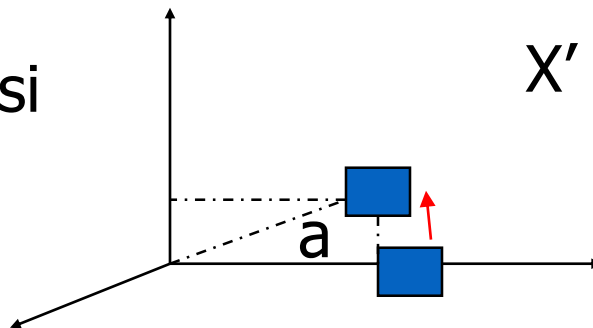
$$X' = X + T_x \quad Y' = Y + T_y$$

Skala/
Dilatasi



$$X' = S_x \cdot X \quad Y' = S_y \cdot Y$$

Rotasi



$$X' = X \cos(a) \quad Y' = X \sin(a)$$

Matrix Transformasi

- Translasi

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Skala

$$\begin{vmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Rotasi

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Perspective Transformation

- Matrix transformasi perspektif

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{\lambda} & 1 \end{vmatrix}$$

- Tanda minus artinya gambar obyek terbalik, λ adalah jarak pusat lensa, dan $1/\lambda$ merupakan faktor skala.
- Koordinat obyek pada *camera* dapat diturunkan dari koordinat obyek pada *world* dengan menggunakan transformasi perspektif.

Homogeneous Coordinate System pada Kamera

- Koordinat obyek pada camera system : C_C dan C_h masing-masing untuk sistem koordinat Cartesian dan homogeneous coordinate system
- Perhitungan koordinat homogeneous sistem kamera :

$$C_h = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{\lambda} & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} kX \\ kY \\ kZ \\ k \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} kX \\ kY \\ kZ \\ -(\frac{kZ}{\lambda}) + k \end{vmatrix}$$

- Cartesian coordinate $C_C(X, Y, Z)$ diperoleh dari homogeneous coordinate dengan cara

Basic Camera Mathematical Model

- Koordinat Cartesian camera system

$$C_c = \begin{vmatrix} x \\ y \\ z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} kX/(-(kZ/\lambda)+k) \\ kY/(-(kZ/\lambda)+k) \\ kZ/(-(kZ/\lambda)+k) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \lambda X/(\lambda - Z) \\ \lambda Y/(\lambda - Z) \\ \lambda Z/(\lambda - Z) \end{vmatrix}$$

- Hubungan antara (x,y,z) dan (X,Y,Z) diatas disebut sebagai Camera Basic Mathematical Model