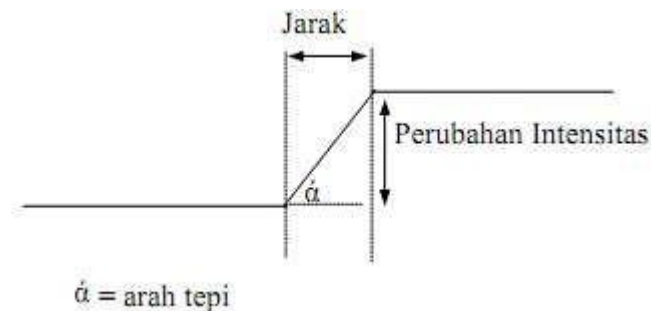


Pendeteksian Tepi (Edge Detection)

DEFINISI TEPI

- **Tepi (Edge) adalah** perubahan nilai intensitas derajat keabuan yang cepat/tiba-tiba (besar) dalam jarak yang singkat



- **Tepi (Edge) dari suatu citra** bila titik tersebut mempunyai perbedaan yang tinggi dengan tetangganya

DEFINISI TEPI

- **Tepi (Edge) berguna:**
 - Untuk menentukan letak objek didalam suatu citra
 - Menentukan bentuk dan ukuran objek didalam suatu citra
 - Tekstur objek didalam suatu citra

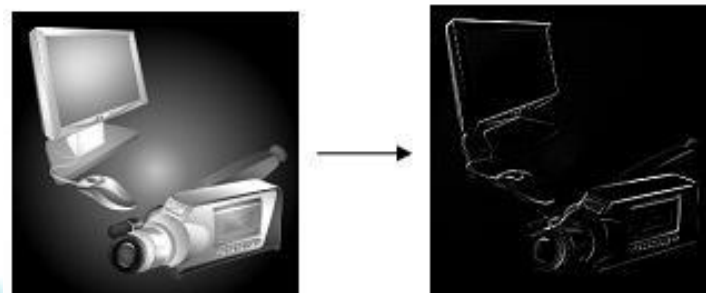
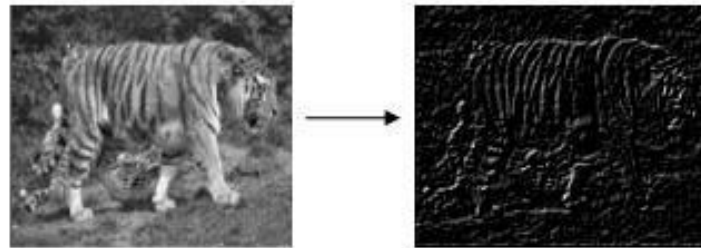
Tujuan Pendeteksian Tepi

- **Tujuan pendeteksian tepi adalah** untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau objek didalam citra.



Tujuan Pendeteksian Tepi

- **Tujuan pendeteksian tepi adalah :**
 - untuk menandai bagian yang menjadi detail citra
 - Untuk memperbaiki detail dari citra yang kabur, yang terjadi karena error atau adanya efek dari proses akuisisi citra



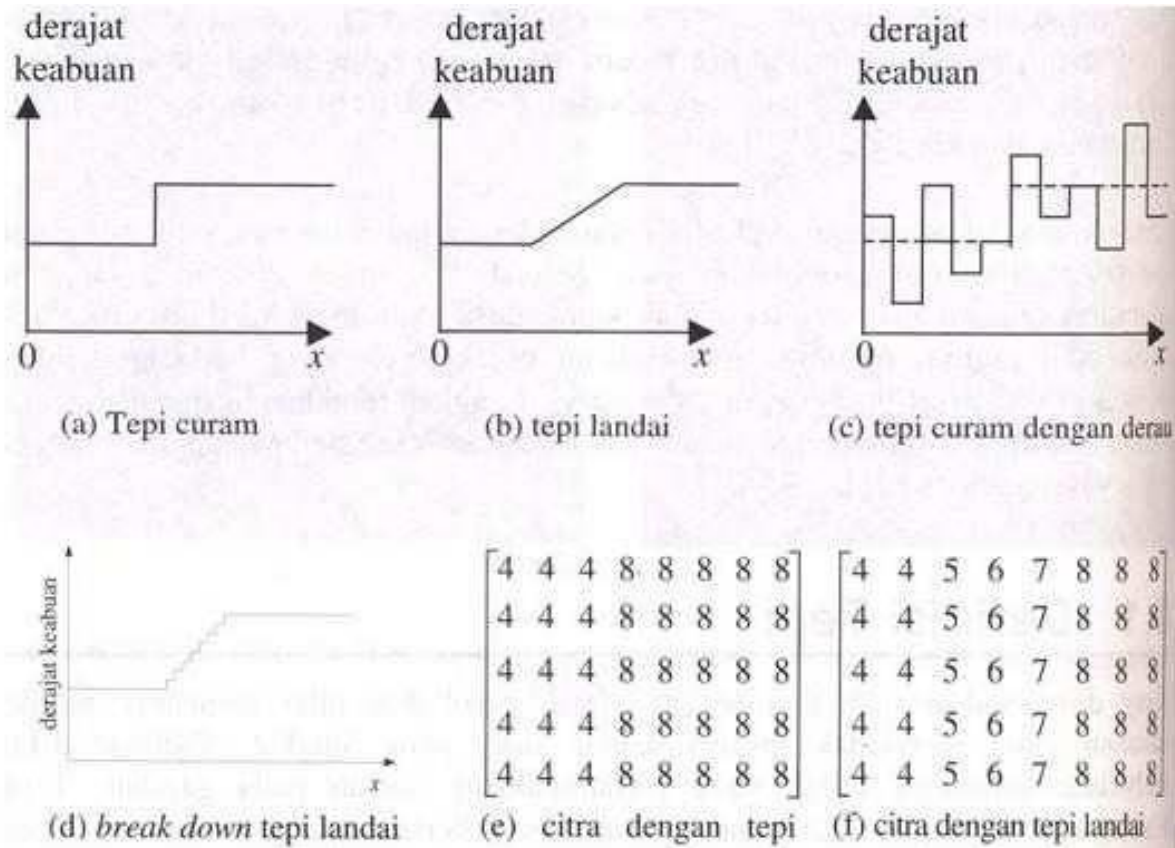
Pendeteksian Tepi

- **Analisis Citra : ekstraksi ciri – segmentasi – klasifikasi**
 - **Ekstraksiciri** : melakukan proses pendeteksian tepi
 - **Segmentasi** : mereduksi citra menjadi objek atau region
 - **Klasifikasi** : memetakan segmen-segmen dalam kelas dan objek yang berbeda

JENIS TEPI

- **Tepi Curam:**
 - Perubahan intensitas tajam, berkisar 90°
- **Tepi Landai:**
 - Tepi lebar, sudut arah kecil. Terdiri dari sejumlah tepi-tepi lokal yang lokasinya berdekatan
- **Tepi mengandung noise :**
 - Perlu dilakukan image enhancement

JENIS TEPI



TEKNIK MENDETEKSI TEPI

- **TANPA KONVOLUSI**
 - Homogeneity Operator (Operator Homogenitas)
 - Pendeteksian Tepi Selisih (difference)
 - Threshold Citra

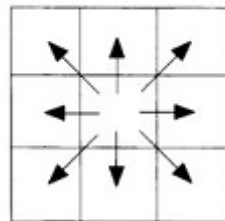
TEKNIK MENDETEKSI TEPI

- **DENGAN KONVOLUSI**
- **Operator Gradien Pertama :**
 - **Differential Gradient**
 - **Center Difference**
 - **Sobel**
 - **Prewit**
 - **Roberts**
- **Operator Turunan Kedua :**
 - **Laplacian**
 - **Laplacian of Gaussian (LoG)**
- **Operator Kompas**

TEKNIK MENDETEKSI TEPI (Tanpa Konvolusi)

- **Homogeneity Operator (Operator homogenitas)**
 - Menghitung selisih titik yang dicari dengan titik disekitarnya. Dari selisih tersebut dicari nilai absolut paling besar dan hasilnya digunakan untuk mengganti nilai titik tengah yang dihitung.

homogeneity
operator



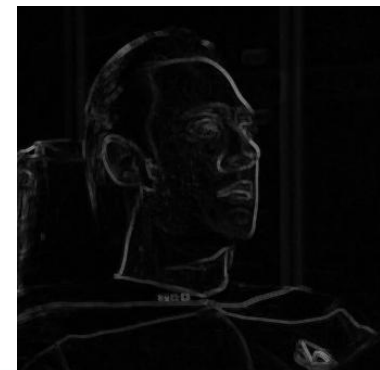
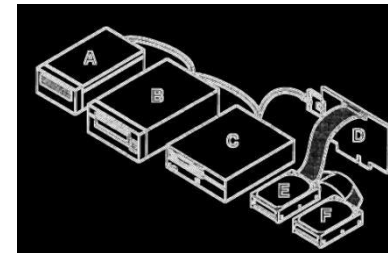
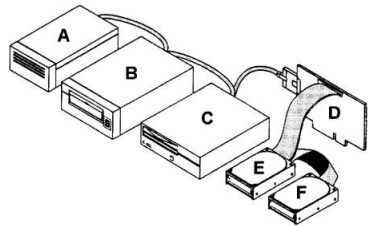
image

11	13	15
16	11	11
16	12	11

- New Pixel = Maksima; $\{ |11-11| \quad |11-13| \quad |11-15|$
 $|11-16| \quad |11-11|$
 $|11-16| \quad |11-12| \quad |11-11| \} = 5$

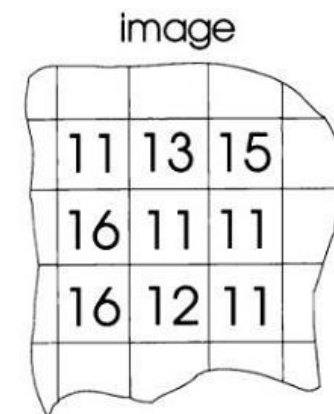
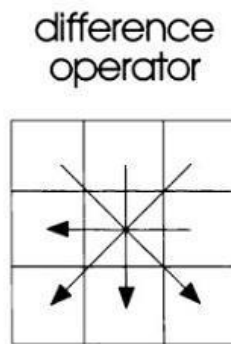
TEKNIK MENDETEKSI TEPI (Tanpa Konvolusi)

- **Operator homogenitas**
 - Output dari operator homogenitas :
 - Nilai terbesar dari harga mutlak 8 selisih



TEKNIK MENDETEKSI TEPI (Tanpa Konvolusi)

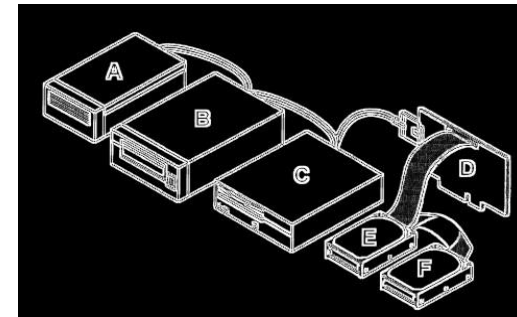
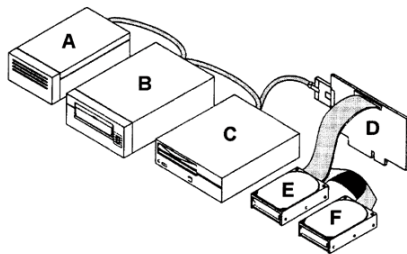
- **Pendeteksian tepi selisih (*difference operator*)**
 - Menghitung selisih antara pixel-pixel yang mengelilingi titik tengah dari daerah 3x3 yang dideteksi. Hasil selisih diabsolutkan dan dicari nilai paling besar



- **New Pixel =**
 $\text{maximum } \{ |11-11| \ |13-12| \ |15-16| \ |11-16| \ } = 5$
- **OUTPUT** = nilai terbesar dari harga mutlak 4 selisih

TEKNIK MENDETEKSI TEPI (Tanpa Konvolusi)

- **Pendeteksian tepi selisih (*difference operator*)**



TEKNIK MENDETEKSI TEPI (Tanpa Konvolusi)

- **Threshold Citra**

- **Threshold Citra** dapat mempertegas tepi

- **Terdapat 2 jenis threshold citra :**

- Threshold dengan 1 batas

- Threshold dengan 2 batas

- **Threshold dengan 1 batas :**

- Pixel diatas batas → nilainya diubah menjadi 255

- Pixel dibawah batas → nilainya diubah menjadi 0

- **Threshold dengan 2 batas (batas 1 < batas 2):**

- Pixel diatas batas 2 → nilainya diubah menjadi 255

- Pixel diantara batas-batas → nilainya tidak diubah

- Pixel dibawah batas 1 → nilainya diubah menjadi 0

TEKNIK MENDETEKSI TEPI (Dengan Konvolusi)

□ Operator Turunan Pertama

- Perubahan intensitas yang besar dalam jarak yang singkat dipandang sebagai fungsi yang memiliki kemiringan yang besar.
- Kemiringan dilakukan dengan menghitung turunan pertama (gradient)

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix}$$

- Dengan G_x dan G_y

$$G_x = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} = f(x+1, y) - f(x, y)$$

$$G_y = \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} = f(x, y+1) - f(x, y)$$

Mask Konvolusi

$$G_1(x) = \begin{bmatrix} -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G_1(y) = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

TEKNIK MENDETEKSI TEPI (Dengan Konvolusi)

- **Operator Turunan Pertama**
 - Kekuatan tepi merupakan magnitudo dari gradien, dapat dihitung dengan :

$$(i) G[f(x,y)] = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}, \text{ atau}$$

$$(ii) G[f(x,y)] = |G_x| + |G_y|, \text{ atau}$$

$$(iii) G[f(x,y)] = \max\{|G_x^2|, |G_y^2|\}, \text{ atau}$$

$$(iv) G[f(x,y)] = \max\{|G_x|, |G_y|\}.$$

- Hasil pendeteksian tepi adalah **citra tepi** $g(x,y)$ yang nilai setiap pixelnya menyatakan kekuatan tepi =

$$g(x,y) = G[f(x,y)]$$

TEKNIK MENDETEKSI TEPI (Dengan Konvolusi)

- **Operator Turunan Pertama**
 - Keputusan apakah suatu pixel merupakan tepi atau bukan tepi dinyatakan dengan operasi pengambangan sebagai berikut :

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{jika } G[f(x, y)] \geq T \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

OPERATOR TURUNAN PERTAMA

- **Selisih terpusat (*center-difference*)**

$$D_x(x, y) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} = \frac{f(x+1, y) - f(x-1, y)}{2}$$

$$D_y(x, y) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} = \frac{f(x, y+1) - f(x, y-1)}{2}$$

- Mask Konvolusi

$$D_2(x) = [-1 \quad 0 \quad 1] \quad \text{dan} \quad D_2(y) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$$

OPERATOR TURUNAN PERTAMA

□ Sobel (dengan $\sigma=2$)

$$\begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ a_7 & (x, y) & a_3 \\ a_6 & a_5 & a_4 \end{bmatrix}$$

□ Dengan magnitude

$$M = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$$

□ Mask Kernel:

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

OPERATOR TURUNAN PERTAMA

□ Sobel

CONTOH

3	4	2	5	1
2	1	6	4	2
3	5	7	1	3
4	2	5	7	1
2	5	1	3	2

(i) citra semula

*	*	*	*	*
*	18			

(ii) hasil konvolusi

Nilai 18 pada citra hasil konvolusi diperoleh dengan perhitungan berikut

$$S_x = (3)(-1) + (2)(-2) + (3)(-1) + (2)(1) + (6)(2) + (7)(1) = 11$$

$$S_y = (3)(1) + (4)(2) + (2)(1) + (3)(-1) + (5)(-2) + (7)(-1) = -7$$

$$M = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} = \sqrt{11^2 + (-7)^2} \cong |S_x| + |S_y| = |11| + |-7| = 18$$

OPERATOR TURUNAN PERTAMA

- **Prewit**

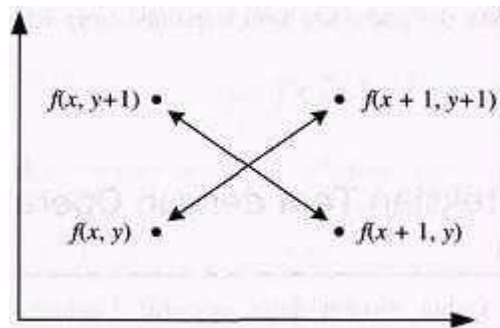
- Sama dengan sobel hanya konstanta yang digunakan adalah $c=1$

- **Mask Konvolusi :**

$$P_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad P_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

OPERATOR TURUNAN PERTAMA

□ Robert (operator silang)



- Gradien dihitung $R_+(x, y) = f(x+1, y+1) - f(x, y)$
 $R_-(x, y) = f(x, y+1) - f(x+1, y)$

dimana R_+ turunan berarah 45° , dan R_- berarah 135°

□ Mask Konvolusi :

$$R_+ = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ dan } R_- = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

OPERATOR TURUNAN PERTAMA

- **Robert (operator silang)**
 - **Mask Konvolusi :**

-1	0
0	1

0	-1
1	0

p_1	p_2	p_3
p_4	p_5	p_6
p_7	p_8	p_9

Citra semula

$$p'_5 = |p_9 - p_5| + |p_8 - p_6|$$

OPERATOR TURUNAN PERTAMA

- **Robert (operator silang)**
- **CONTOH :**

3	4	2	5	1
2	1	6	4	2
3	5	7	1	3
4	2	5	7	1
2	5	1	3	2

(i) citra semula



OPERATOR TURUNAN KEDUA

□ LAPLACIAN

- Disebut pula Operator Turunan Kedua
- Termasuk dalam High Pass Filter
- Lebih akurat khususnya pada tepi-tepi curam
- Turunan keduanya mempunyai persilangan nol (zero crossing), yang merupakan lokasi tepi yang akurat
- Rumus :

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

OPERATOR TURUNAN KEDUA

□ LAPLACIAN

□ Dengan :

$$G_3(x) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} = \frac{f(x, y) - f(x - \Delta x, y)}{\Delta x}$$

$$G_3(y) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} = \frac{f(x, y) - f(x, y - \Delta y)}{\Delta y}$$

□ Maka :

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(x, y) &= f(x+1, y) - 2f(x, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) - 2f(x, y) + f(x, y-1) \\ &= f(x, y-1) + f(x-1, y) - 4f(x, y) + f(x+1, y) + f(x, y+1) \end{aligned}$$

□ Mask Konvolusi :

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

OPERATOR TURUNAN KEDUA

□ LAPLACIAN

- Filter/kernel dari rumus Laplacian

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

- Filter/kernel dari rumus laplacian yang diperluas

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

- Filter/kernel lain

- Filter Laplacian untuk bobot lebih pada pixel tengah diantara pixel tetangga

1	1	1
1	8	1
1	1	1

1	4	1
4	-20	4
1	4	1

OPERATOR TURUNAN KEDUA

□ LAPLACIAN

□ Contoh deteksi tepi vertikal

$$\begin{bmatrix} 4 & 4 & 4 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 4 & 4 & 4 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 4 & 4 & 4 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 4 & 4 & 4 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 4 & 4 & 4 & 8 & 8 & 8 & 8 \end{bmatrix}$$

(i) Citra semula

$$\begin{bmatrix} * & * & * & * & * & * & * \\ * & 0 & +4 & -4 & 0 & 0 & * \\ * & 0 & +4 & -4 & 0 & 0 & * \\ * & 0 & +4 & -4 & 0 & 0 & * \\ * & * & * & * & * & * & * \end{bmatrix}$$

(ii) Hasil konvolusi

□ Contoh deteksi tepi diagonal

$$\begin{bmatrix} 4 & 4 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 4 & 4 & 4 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 4 & 4 & 4 & 4 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 8 & 8 & 8 \\ 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 8 & 8 \end{bmatrix}$$

(i) Citra semula

$$\begin{bmatrix} * & * & * & * & * & * & * & * \\ * & 0 & +8 & -4 & 0 & 0 & 0 & * \\ * & 0 & 0 & +8 & -4 & 0 & 0 & * \\ * & 0 & 0 & 0 & +8 & -4 & 0 & * \\ * & * & * & * & * & * & * & * \end{bmatrix}$$

(ii) Hasil konvolusi

OPERATOR TURUNAN KEDUA

□ LAPLACIAN

□ Contoh deteksi tepi landai

$$\begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 & 5 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 2 & 2 & 2 & 5 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 2 & 2 & 2 & 5 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 2 & 2 & 2 & 5 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 2 & 2 & 2 & 5 & 8 & 8 & 8 & 8 \end{bmatrix}$$

(i) Citra semula

$$\begin{bmatrix} * & * & * & * & * & * & * & * \\ * & 0 & +3 & 0 & -3 & 0 & 0 & * \\ * & 0 & +3 & 0 & -3 & 0 & 0 & * \\ * & 0 & +3 & 0 & -3 & 0 & 0 & * \\ * & * & * & * & * & * & * & * \end{bmatrix}$$

(ii) Hasil konvolusi

OPERATOR TURUNAN KEDUA

- **LAPLACIAN of Gaussian Filtering (LoG)**
 - Untuk mengurangi deteksi tepi yang palsu difilter dulu dengan Fungsi Gaussian
 - **Laplacian Gaussian filtering bertujuan** untuk menghilangkan noise dan meningkatkan kualitas detail.
 - **Laplacian bertujuan** untuk meningkatkan kualitas detail (detail enhancement)
 - **Laplacian Operator (HPF) =**

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

OPERATOR TURUNAN KEDUA

- **LAPLACIAN of Gaussian Filtering (LoG)**
 - Untuk mendeteksi tepi citra yang mengalami gangguan (noise/derau) dapat dilakukan salah satu dari operasi berikut:
 - Konvolusi citra dengan fungsi gauss $G(x,y)$ kemudian dilakukan operasi laplacian terhadap hasilnya atau
 - Konvolusi Citra dengan LoG
- **Mask Konvolusi :**

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 16 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

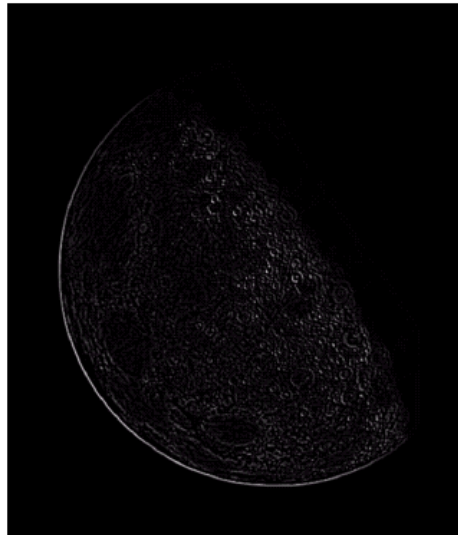
OPERATOR TURUNAN KEDUA

□ LAPLACIAN

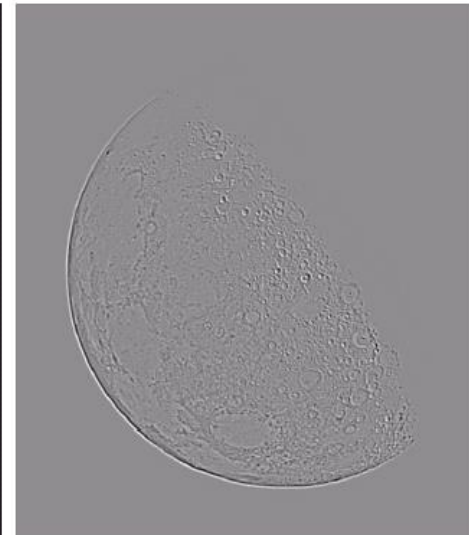
- Applying the Laplacian to an image we get a new image that highlights edges and other discontinuities



Citra asli



Citra terfilter
Laplacian



Citra terfilter laplacian
Diskalakan utk tampilan

OPERATOR TURUNAN KEDUA

□ **LAPLACIAN**

- Hasil dari filter Laplacian bukan citra dengan kenampakan yang baik
- Untuk itu diperlukan proses lanjutan, yaitu :
 - Mengurangkan citra hasil filter laplacian dari citra aslinya untuk membentuk hasil citra yang baru

$$g(x, y) = f(x, y) - \nabla^2 f$$

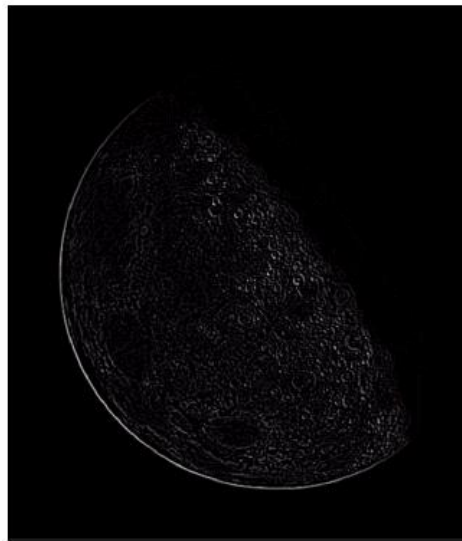
OPERATOR TURUNAN KEDUA

□ LAPLACIAN



Citra
asli

-



Citra terfilter
Laplacian

=



Citra akhir yg
Lbh tajam
kenampakannya

- Pada citra hasil akhir, batas tepi dan kedetilan unsur tampak lebih jelas

OPERATOR TURUNAN KEDUA

□ Operator KOMPAS

- Digunakan untuk mendeteksi semua tepi dari berbagai arah dalam citra
- Menampilkan dari 8 macam arah mata angin

$$G[f(x, y)] = \max_i \{G_i[f(x, y)] \mid i = 1, 2, \dots, p\}$$

- Dilakukan dengan mengkonvolusi citra dengan berbagai mask kompas lalu dicari nilai magnitude (kekuatan tepi) yang terbesar dan arahnya

OPERATOR TURUNAN KEDUA

- **Operator KOMPAS**
- **Operator**

<p>Utara</p> $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	<p>Timur Laut</p> $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$	<p>Timur</p> $\begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	<p>Tenggara</p> $\begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
<p>Selatan</p> $\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	<p>Barat Daya</p> $\begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	<p>Barat</p> $\begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$	<p>Barat Laut</p> $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$