

10 - Image Enhancement

(Bagian 3)

IF4073 Pemrosesan Citra Digital

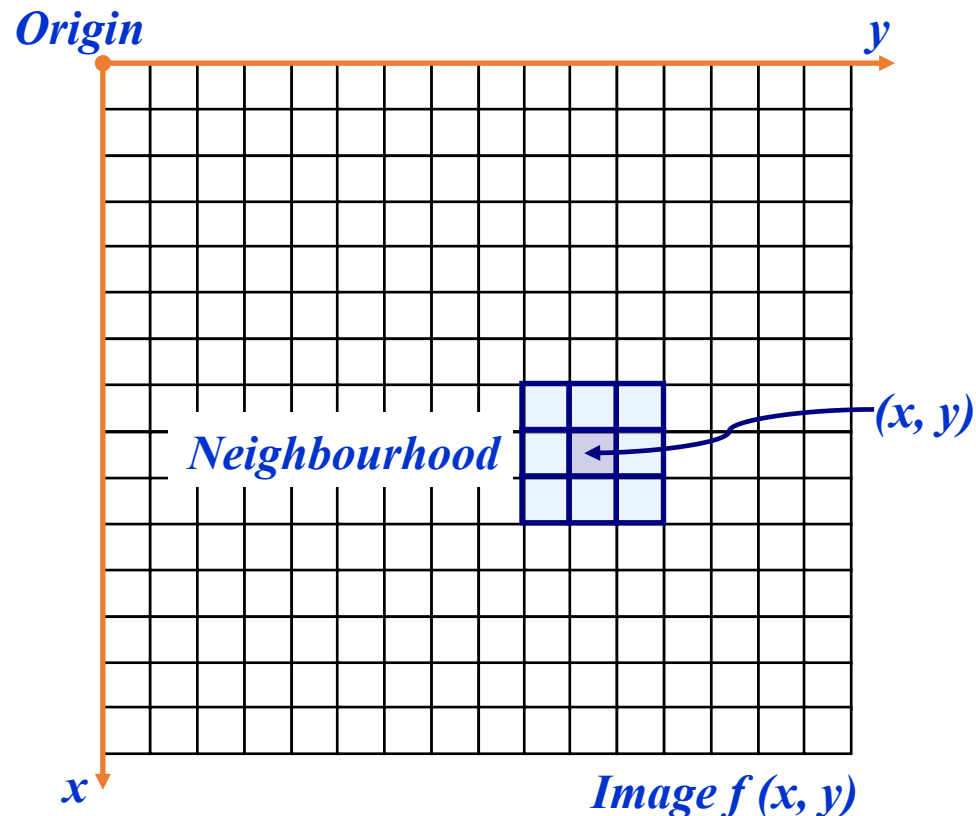
Oleh: Rinaldi Munir

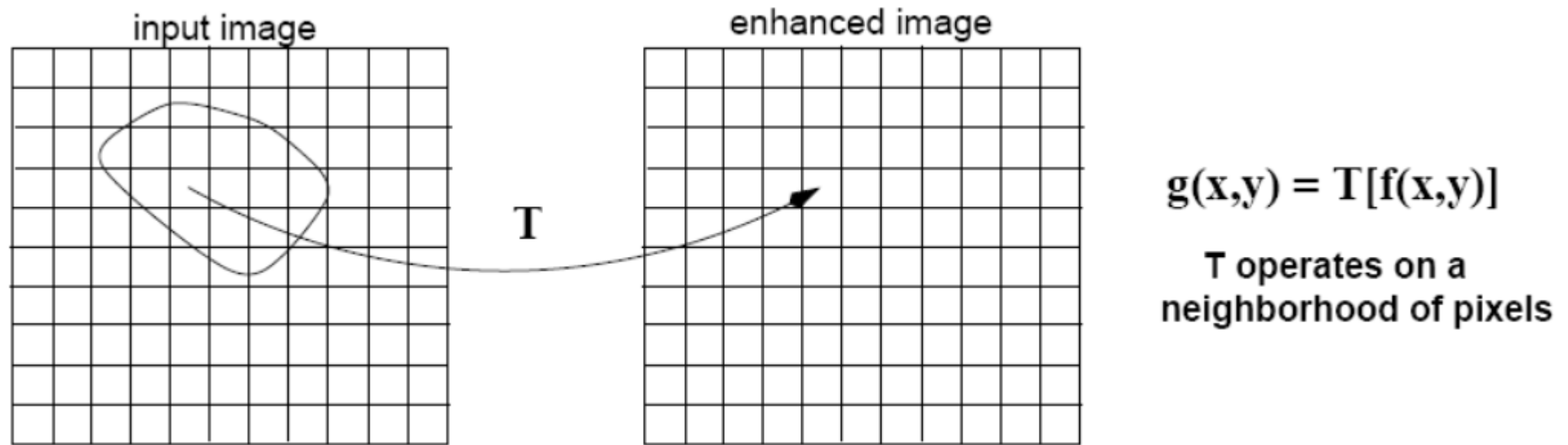


Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung
2025

Perbaiki Citra dengan cara penapisan (*image filtering*)

- Penapisan citra berarti memodifikasi *pixel-pixel* di dalam citra berdasarkan transformasi terhadap nilai-nilai *pixel* tetangganya.

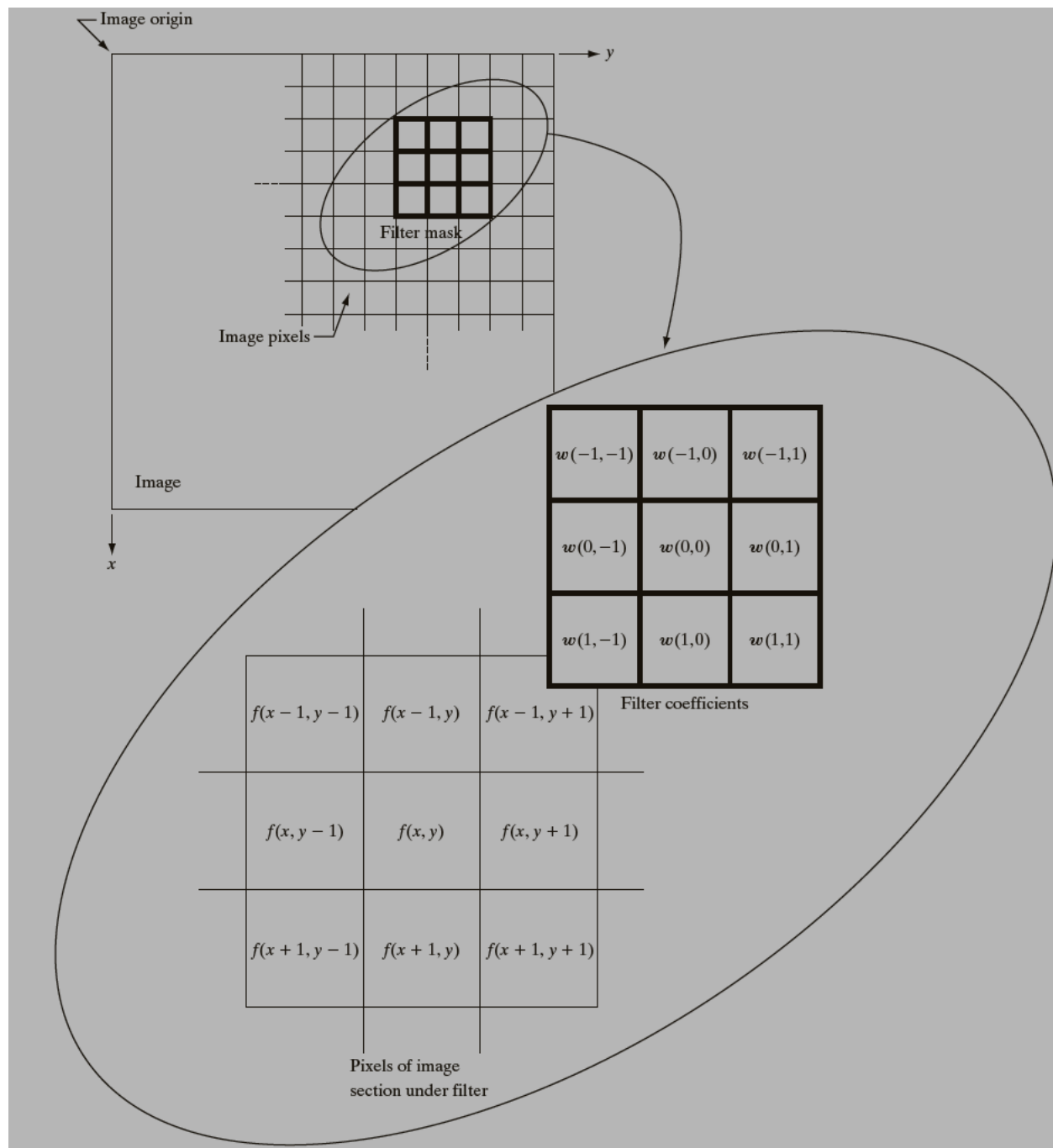


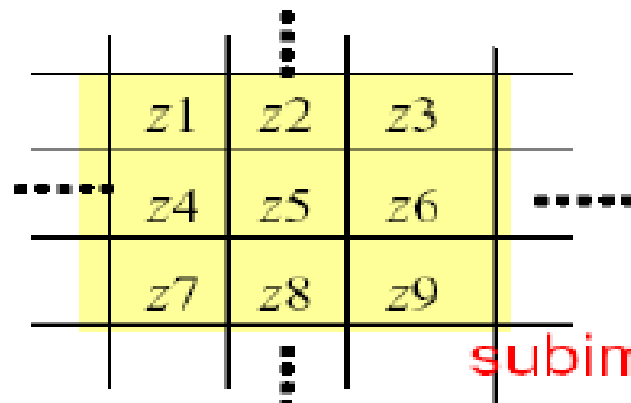


- Penapisan citra dilakukan dengan operator **konvolusi**.
- Citra masukan dikonvolusi dengan sebuah **mask** (nama lainnya **filter**, **template**, **window**, atau **kernel**).

w1	w2	w3
w4	w5	w6
w7	w8	w9

mask





w1	w2	w3
w4	w5	w6
w7	w8	w9

Mask coefficients

$$z_5 \leftarrow Z = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \cdots + w_9 z_9 = \sum_{i=1}^9 w_i z_i$$

1. Pelembutan Citra (*image smoothing*)

- Pelembutan citra (*image smoothing*) bertujuan untuk menghasilkan efek *blur* dan untuk mengurangi derau (*noise*) pada citra.



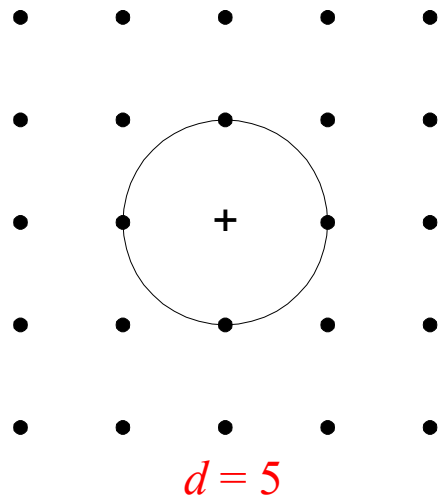
Derau pada citra umumnya berupa variasi intensitas suatu *pixel* yang tidak berkorelasi dengan *pixel-pixel* tetangganya

Pixel yang mengalami gangguan umumnya memiliki frekuensi tinggi.

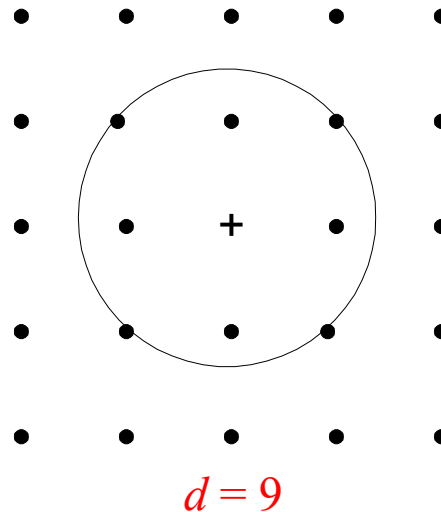
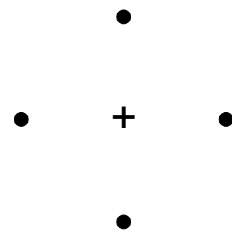
Komponen citra berfrekuensi rendah umumnya mempunyai *pixel* bernilai konstan atau berubah sangat lambat.

Pelembutan citra dilakukan untuk menekan komponen yang berfrekuensi tinggi dan meloloskan komponen yang berfrekuensi rendah.

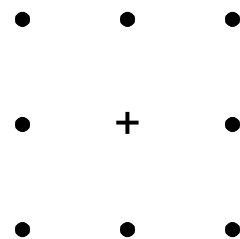
- Cara pelembutan citra: nilai sebuah *pixel* diganti dengan nilai rata-rata *pixel* tersebut beserta *pixel-pixel* tetangganya.



Tetangga *pixel* +



Tetangga *pixel* +



$$g(x, y) = \frac{1}{d} \sum_{r=m_1}^{m_2} \sum_{s=n_1}^{n_2} f(x+r, y+s)$$

d adalah jumlah *pixel* yang terlibat dalam perhitungan rata-rata

104	100	108
99	150	98
95	90	85

**Original Image
Pixels**



	103	

$$f(x,y) = (104 + 100 + 108 + 99 + 150 + 98 + 95 + 90 + 85)/9 \\ = 103,22 \approx 103$$

Nilai 150 direduksi menjadi 103

- Operasi perata-rataan di atas dapat dipandang sebagai konvolusi antara citra $f(x,y)$ dengan penapis $h(x,y)$:

$$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y)$$

Penapis h disebut **penapis rerata** (*mean filter* atau *averaging filter*).

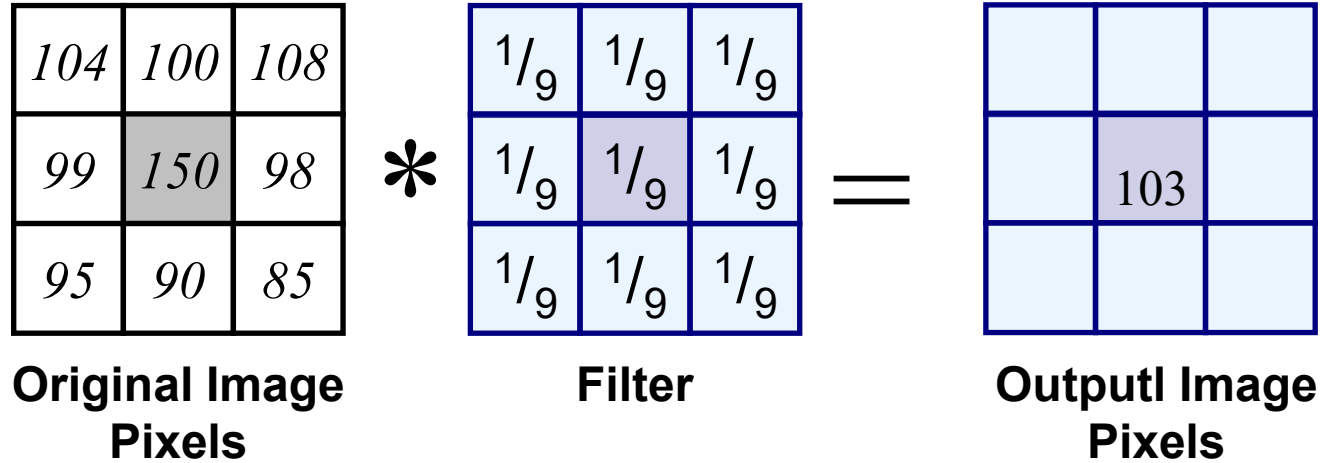
$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$

atau

$\frac{1}{9} \times$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

$$f(x,y) * h(x,y) = g(x,y)$$



$$\begin{aligned}
 f(x,y) &= \frac{1}{9} * 104 + \frac{1}{9} * 100 + \frac{1}{9} * 108 + \\
 &\quad \frac{1}{9} * 99 + \frac{1}{9} * 150 + \frac{1}{9} * 98 + \\
 &\quad \frac{1}{9} * 95 + \frac{1}{9} * 90 + \frac{1}{9} * 85 \\
 &= 103.22
 \end{aligned}$$

```

I = imread('peppers512.bmp');
Inoise = imnoise(I, 'salt & pepper', 0.1);
imshow(I);
figure; imshow(Inoise);
G = [1/9 1/9 1/9; 1/9 1/9 1/9; 1/9 1/9 1/9];
Ifiltered = uint8(convn(double(Inoise), double(G)));
figure; imshow(Ifiltered)

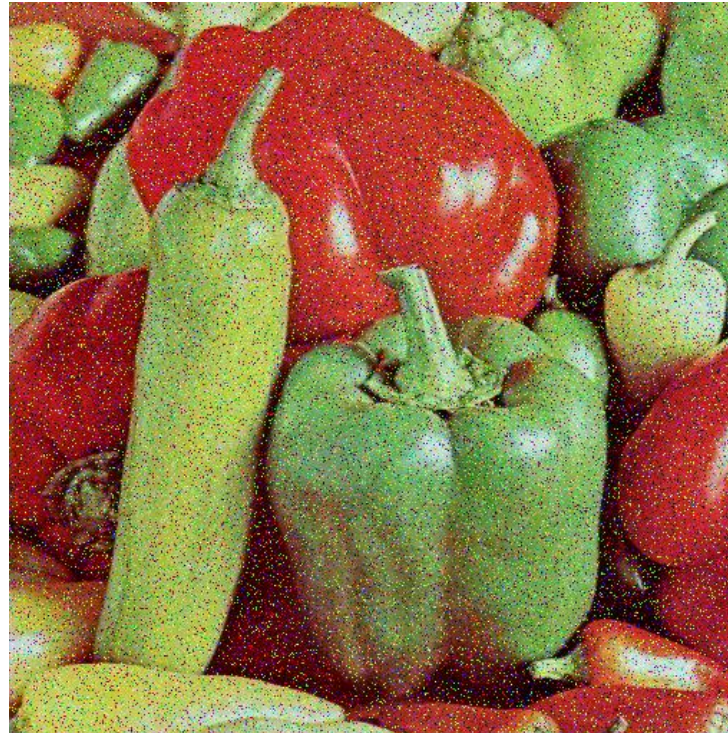
```

Filter

$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$



Original image



Noisy image



Filtered image



- Pelembutan citra dengan penapis rerata (*mean filter*) menghasilkan efek *blurring*.
- Efek *blurring* terjadi karena pemerataan derajat keabuan (*graylavel*).
- Jadi, penapis rerata selain digunakan untuk mereduksi derau, ia juga dapat digunakan untuk menghasilkan efek *blurring*.

Penapis rerata lainnya:

$$\frac{1}{9} \times$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

(a)

$$\frac{1}{25} \times$$

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

(b)

$$\frac{1}{49} \times$$

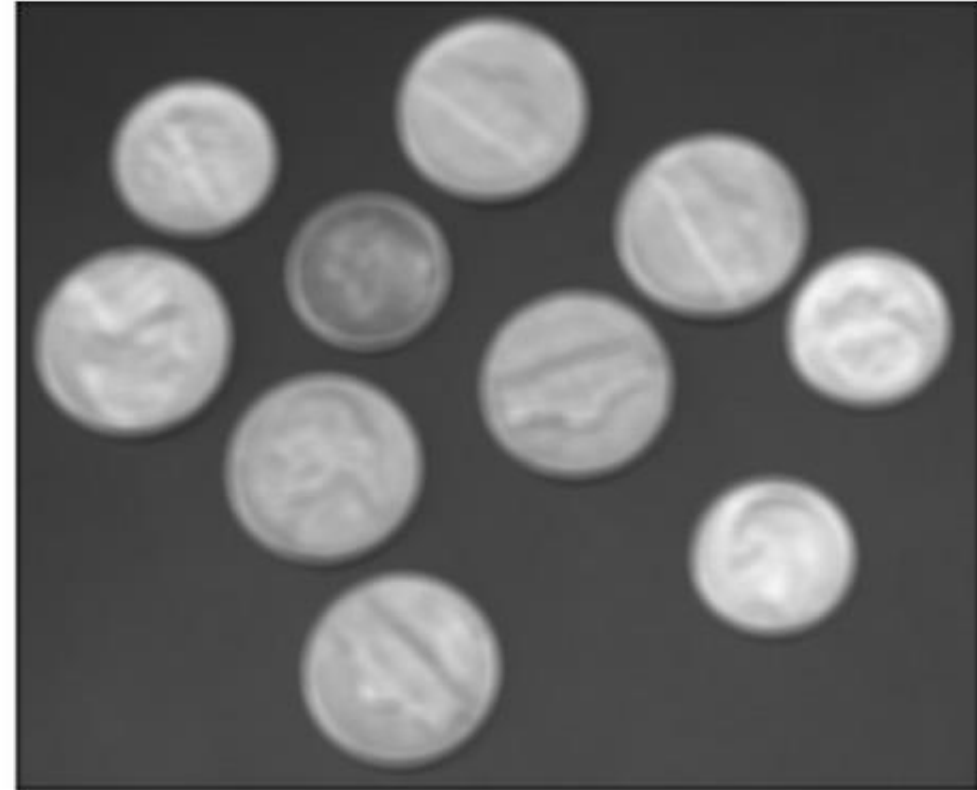
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1

(c)

Menghasilkan efek *blurring* pada gambar dengan penapis rerata



Original Image



Filtered Image

Program: Penapis rerata 5 x 5

```
I = imread('coins.bmp');  
imshow(I);  
G = 1/25 * [1 1 1 1 1; 1 1 1 1 1; 1 1 1 1 1; 1 1 1 1 1; 1 1 1 1 1];  
Ifiltered = uint8(convn(double(I), double(G)));  
figure; imshow(Ifiltered)
```



Original image



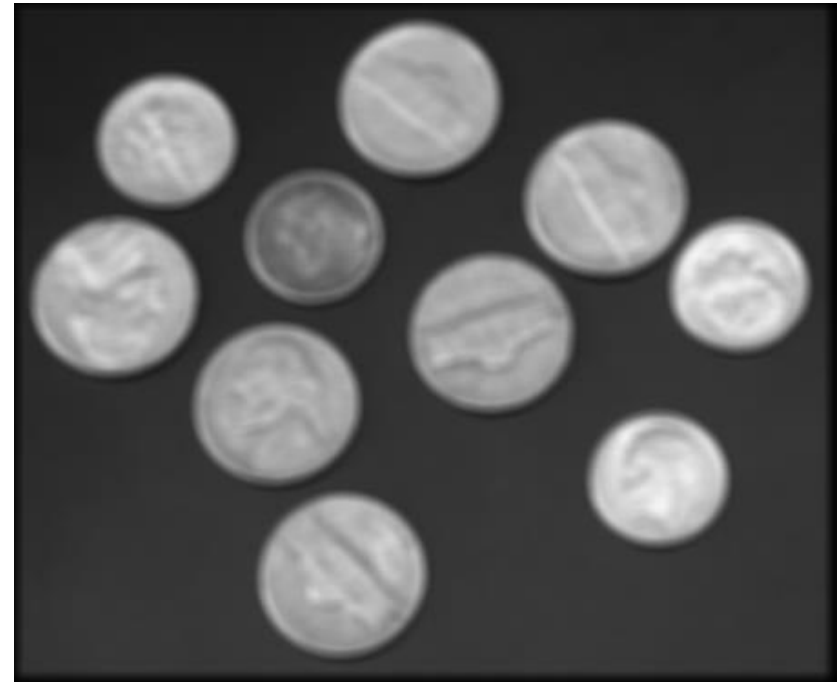
Filtered image

Program: Penapis rerata 7 x 7:

```
I = imread('coins.bmp');  
imshow(I);  
G = 1/49 * [1 1 1 1 1 1 1; 1 1 1 1 1 1 1; 1 1 1 1 1 1 1; 1 1 1 1 1 1 1;  
            1 1 1 1 1 1 1; 1 1 1 1 1 1 1; 1 1 1 1 1 1 1];  
Ifiltered = uint8(convn(double(I), double(G)));  
figure; imshow(Ifiltered)
```



Original image

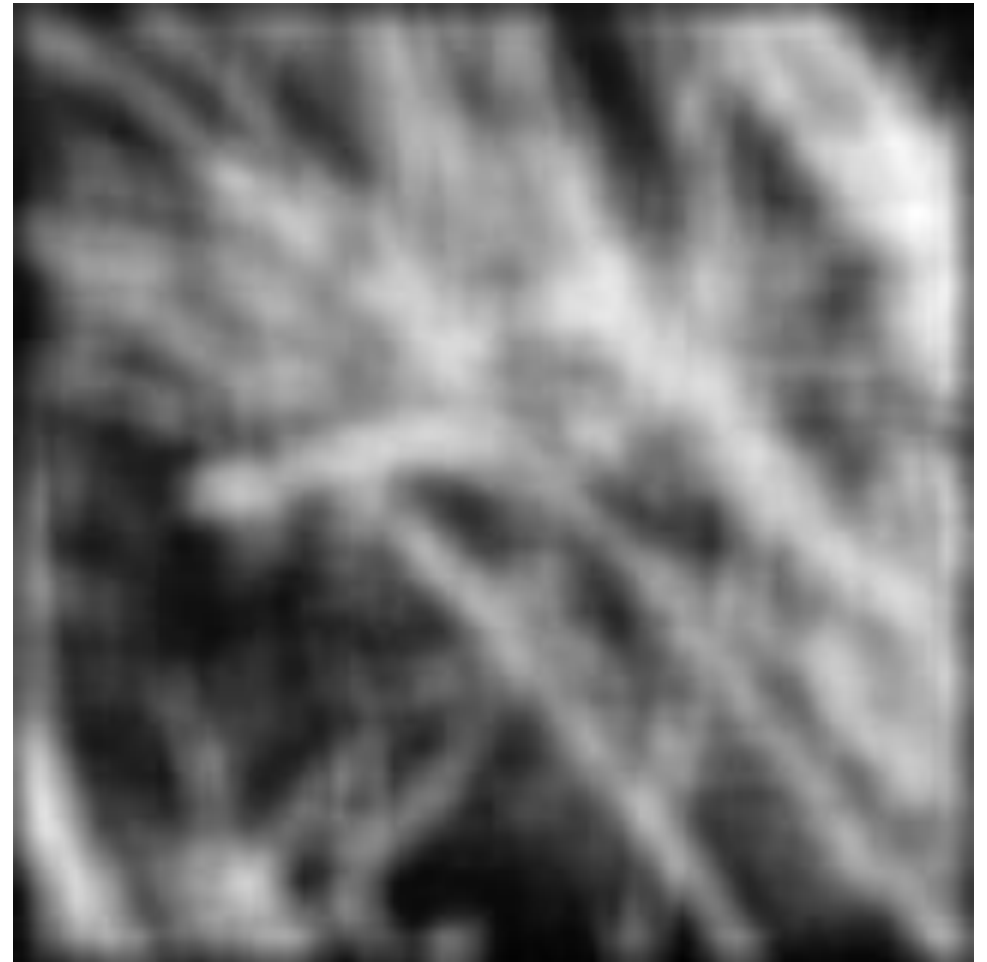


Filtered image

Contoh lain menghasilkan efek *blurring* pada gambar dengan penapis rerata

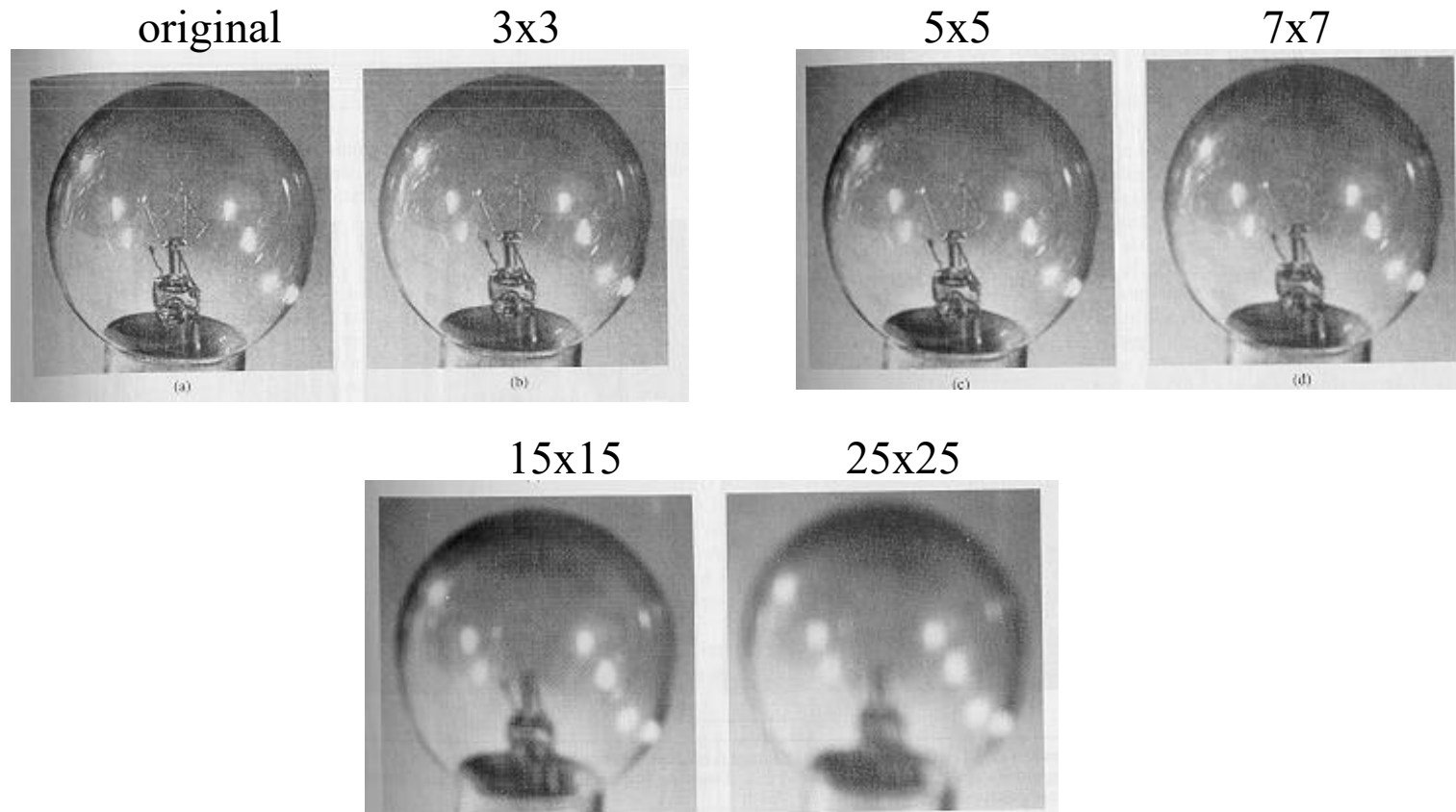


Original Image

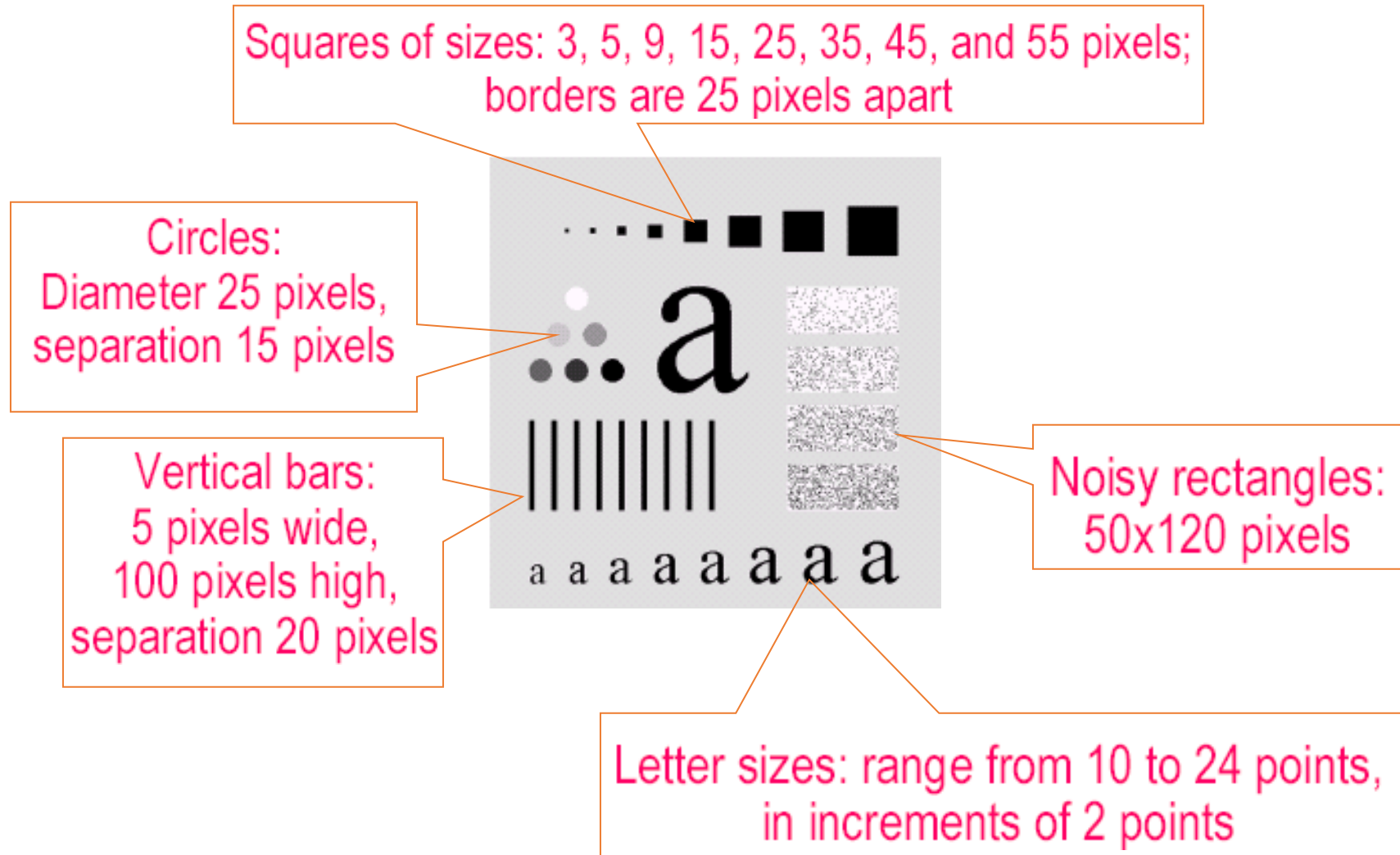


Filtered Image

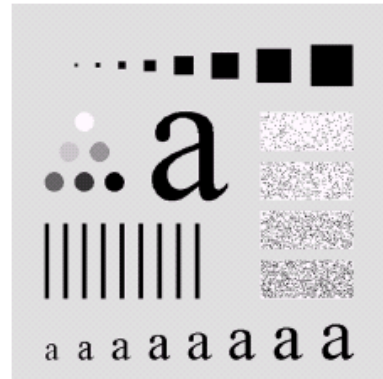
Trade-off: *noise vs blurring* dan kehilangan detail (*mean filter* $n \times n$)



Trade-off: noise vs blurring dan kehilangan detail



Original image
size: 500 x 500



Smoothed by
3 x 3 mean filter



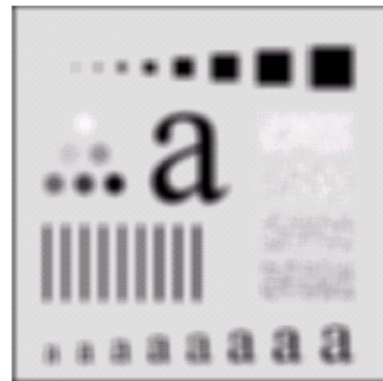
Smoothed by
5 x 5 mean filter



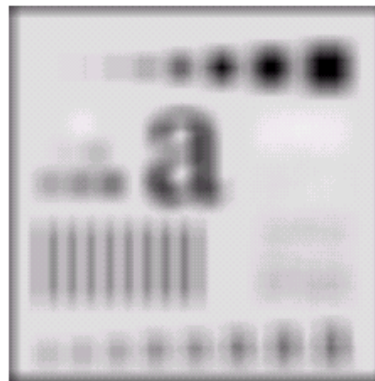
Smoothed by
9 x 9 box filter



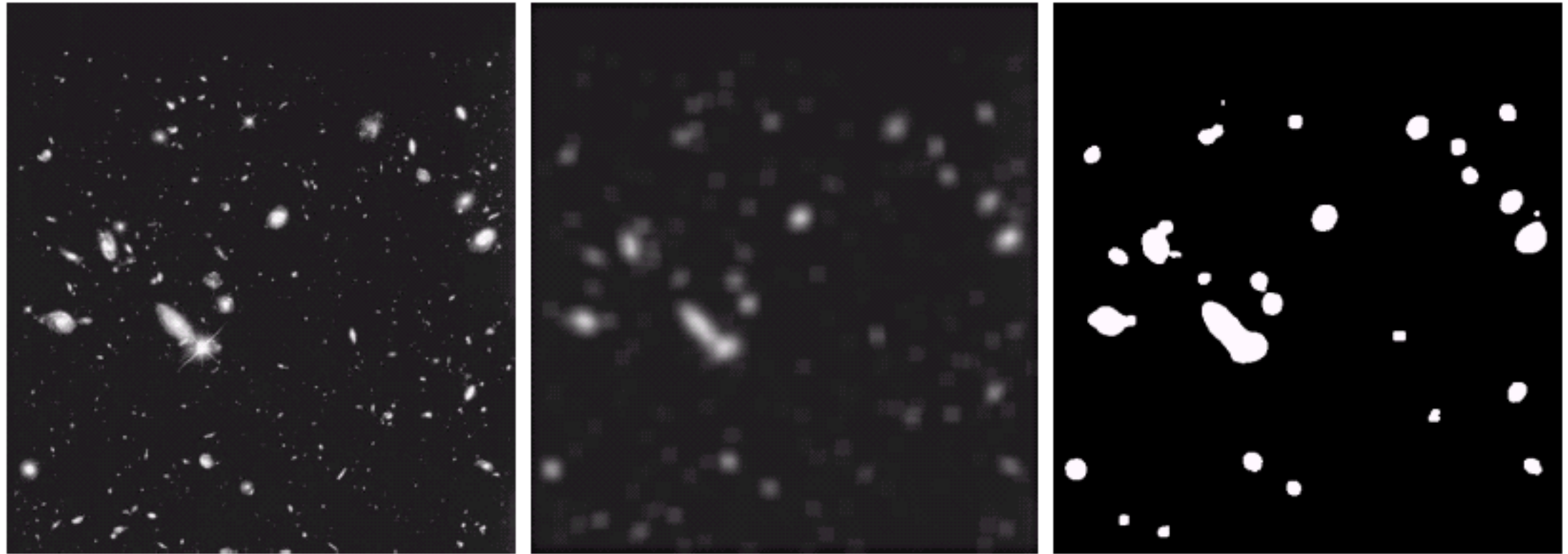
Smoothed by
15 x 15 mean filter



Smoothed by
35 x 35 mean filter



Trade-off: noise vs blurring dan kehilangan detail



a b c

FIGURE 3.36 (a) Image from the Hubble Space Telescope. (b) Image processed by a 15×15 averaging mask. (c) Result of thresholding (b). (Original image courtesy of NASA.)

Penapis Lolos-Rendah (*Low-pass filter*)

- Penapis rerata disebut juga **penapis lolos-rendah** (*low-pass filter*), karena penapis tersebut menekan komponen yang berfrekuensi tinggi (misalnya *pixel* derau, *pixel* tepi) dan meloloskan komponen yang berfrekuensi rendah.
- Penapis lolos-rendah memiliki aturan sebagai berikut:
 - Semua bobot di dalam penapis harus positif
 - Jumlah semua bobot sama dengan 1

- Jika jumlah semua bobot lebih besar dari 1, maka konvolusi menghasilkan penguatan pada derau (tidak diinginkan).
- Jika jumlah semua bobot kurang dari 1, maka yang dihasilkan adalah penurunan, dan nilai setiap *pixel* di seluruh bagian citra berkurang. Akibatnya, citra hasil pelembutan tampak lebih gelap.
- Penapis lolos-rendah lainnya:

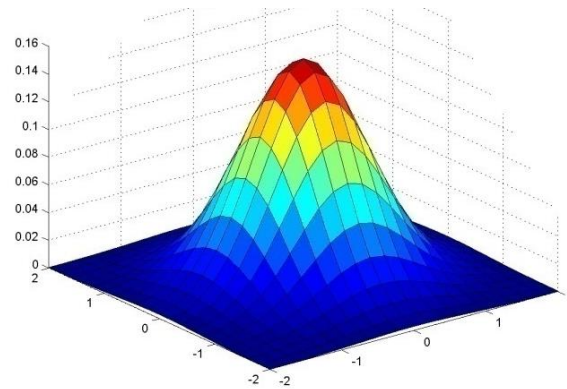
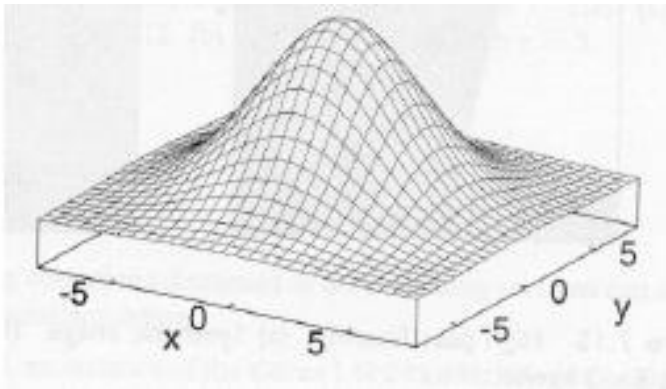
$$\begin{bmatrix} 1/10 & 1/10 & 1/10 \\ 1/10 & 1/5 & 1/10 \\ 1/10 & 1/10 & 1/10 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah seluruh bobot} &= 1/10 + 1/10 + 1/10 + \\ &\quad 1/10 + 1/5 + 1/10 + \\ &\quad 1/10 + 1/10 + 1/10 \\ &= 8/10 + 1/5 \\ &= 8/10 + 2/10 = 10/10 = 1 \end{aligned}$$

Gaussian Smoothing

- Bobot di dalam penapis dihitung dengan penerokan (*sampling*) pada fungsi Gaussian

$$G_{\sigma}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp -\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}$$



3 x 3 Gaussian mask

$$\frac{1}{16} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

7 x 7 Gaussian mask

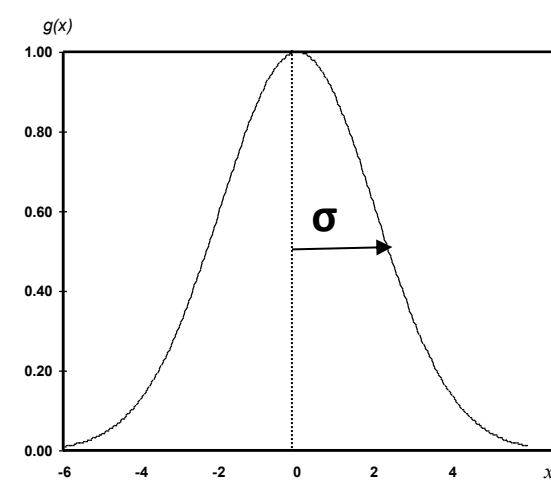
$$\frac{1}{140} \times \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 4 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 4 & 8 & 4 & 2 & 2 \\ 2 & 4 & 8 & 16 & 8 & 4 & 2 \\ 2 & 2 & 4 & 8 & 4 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 4 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Note: weight values decrease with distance from mask center!

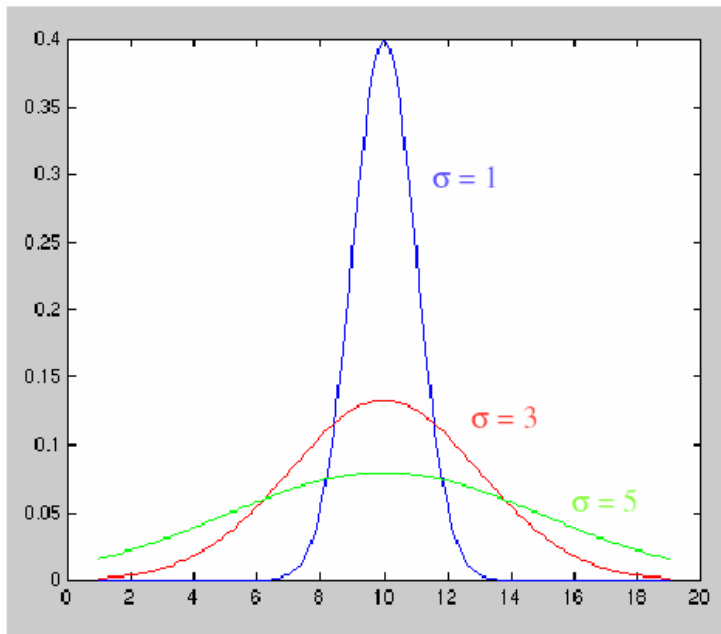
- Ukuran penapis bergantung pada σ

height = width = 5σ (subtends 98.76% of the area)

- σ menentukan derajat pelembutan!
Makin besar σ makin lembut, makin blur



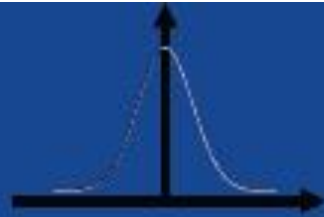
Effect of σ



15 x 15 Gaussian mask

2	2	3	4	5	5	6	6	6	5	5	4	3	2	2
2	3	4	5	7	7	8	8	8	7	7	5	4	3	2
3	4	6	7	9	10	10	11	10	10	9	7	6	4	3
4	5	7	9	10	12	13	13	13	12	10	9	7	5	4
5	7	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	9	7	5
5	7	10	12	14	16	17	18	17	16	14	12	10	7	5
6	8	10	13	15	17	19	19	19	17	15	13	10	8	6
6	8	11	13	16	18	19	20	19	18	16	13	11	8	6
6	8	10	13	15	17	19	19	19	17	15	13	10	8	6
5	7	10	12	14	16	17	18	17	16	14	12	10	7	5
5	7	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	9	7	5
4	5	7	9	10	12	13	13	13	12	10	9	7	5	4
3	4	6	7	9	10	10	11	10	10	9	7	6	4	3
2	3	4	5	7	7	8	8	8	7	7	5	4	3	2
2	2	3	4	5	5	6	6	6	5	5	4	3	2	2

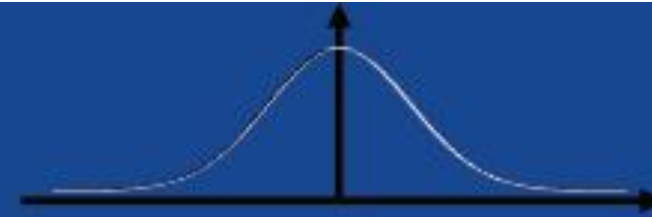
$\sigma = 3$



small σ



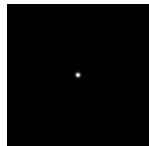
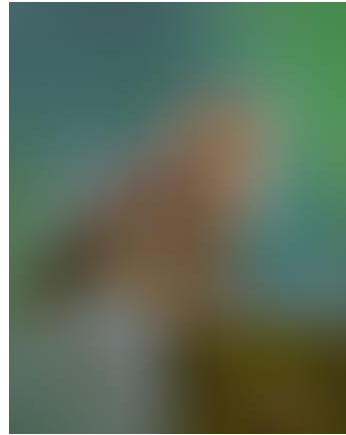
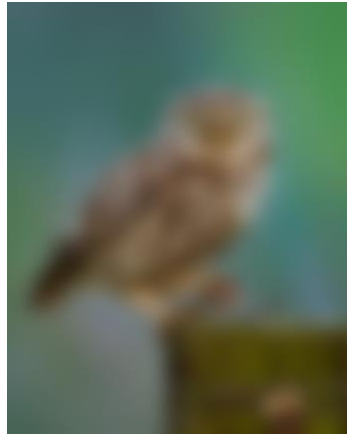
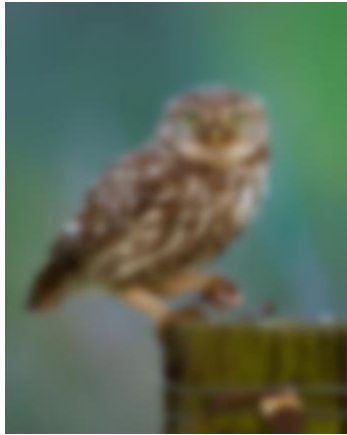
limited smoothing



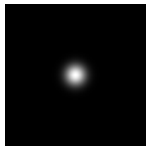
large σ



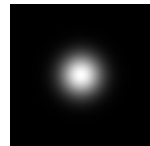
strong smoothing



$\sigma = 1$ pixel



$\sigma = 5$ pixels



$\sigma = 10$ pixels



$\sigma = 30$ pixels

Program: Gaussian Smoothing 7 x 7:

```
I = imread('cameraman.bmp');  
imshow(I);  
G = 1/140 * [1 1 2 2 2 1 1; 1 2 2 4 2 2 1; 2 2 4 8 4 2 2; 2 4 8 16 8 4 2;  
             1 1 2 2 2 1 1; 1 2 2 4 2 2 1; 2 2 4 8 4 2 2];  
Ifiltered = uint8(convn(double(I), double(G)));  
figure; imshow(Ifiltered)
```



Original image



Filtered image

- Di dalam Matlab sudah tersedia fungsi *gaussian smoothing* dengan parameter simpangan baku (σ), `imgaussfilt(I, sigma)`

```
I = imread('cameraman.bmp'); imshow(I);  
Iblur1 = imgaussfilt(I,2);  
Iblur2 = imgaussfilt(I,4);  
Iblur3 = imgaussfilt(I,8);  
figure  
imshow(I)  
title('Original image')
```

```
figure  
imshow(Iblur1)  
title('Smoothed image, \sigma = 2')
```

```
figure  
imshow(Iblur2)  
title('Smoothed image, \sigma = 4')
```

```
figure  
imshow(Iblur3)  
title('Smoothed image, \sigma = 8')
```

Original image



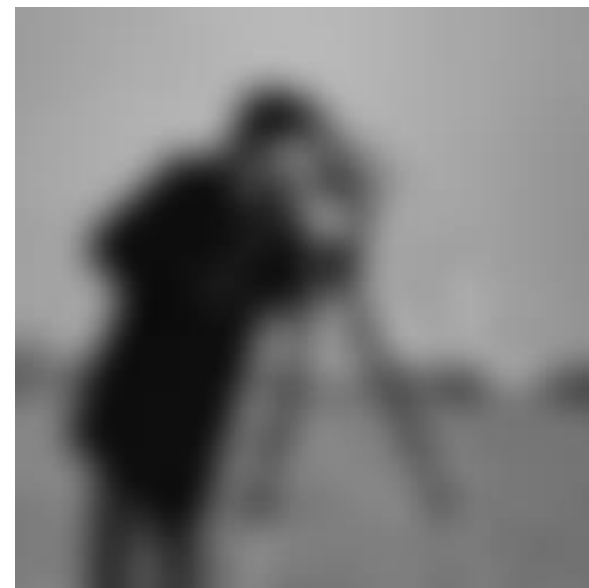
Smoothed image, $\sigma = 2$



Smoothed image, $\sigma = 4$



Smoothed image, $\sigma = 8$



Averaging vs Gaussian Smoothing



Averaging



Gaussian

Penapis Nirlanjar (*Non-linear Filter*)

- Penapis rerata (*mean filter*) adalah salah satu contoh penapis lolos-rendah.
- Penapis lolos-rendah merupakan penapis lanjar (*linear filter*).
- Operasi pelembutan dapat juga dilakukan dengan menggunakan penapis nirlanjar.
- Pada penapis nirlanjar, sebuah “jendela” (*window*) berukuran $n \times n$ memuat sejumlah *pixel* (ganjil) digeser titik demi titik pada seluruh daerah citra.
- Tiga macam penapis nirlanjar:
 1. Penapis minimum (*min filter*) – mengganti nilai *pixel* di tengah *window* dengan nilai minimum di dalam *window*.
 2. Penapis maksimum (*max filter*) – mengganti nilai *pixel* di tengah *window* dengan nilai maksimum dalam *window*.
 3. Penapis median (*median filter*) – mengganti nilai *pixel* di tengah *window* dengan nilai median di dalam *window*.

Contoh penapis median (*median filter*):

13	10	15	14	18
12	10	10	10	15
11	11	35	10	10
13	9	12	10	12
13	12	9	8	10

(a) *Pixel* bernilai 35 terkena derau

13	10	15	14	18
12	10	10	10	15
11	11	10	10	10
13	9	12	10	12
13	12	9	8	10

(b) 35 diganti dengan median dari kelompok 3×3 *pixel*

Misalkan *pixel* di tengah, 35, akan diproses.

Urutkan *pixel-pixel* tersebut:

9 10 10 10 **10** 10 11 12 35

Median dari kelompok tersebut adalah 10 (dicetak tebal, warna biru).

Titik tengah dari jendela (35) sekarang diganti dengan nilai median (10).

```
I = imread('zelda.bmp');  
Inoise = imnoise(I, 'salt & pepper', 0.1);  
figure; imshow(I);  
figure; imshow(Inoise);  
Ifiltered = medfilt2(Inoise, [3 3]);  
figure; imshow(Ifiltered)
```

Penapis Median



Original image



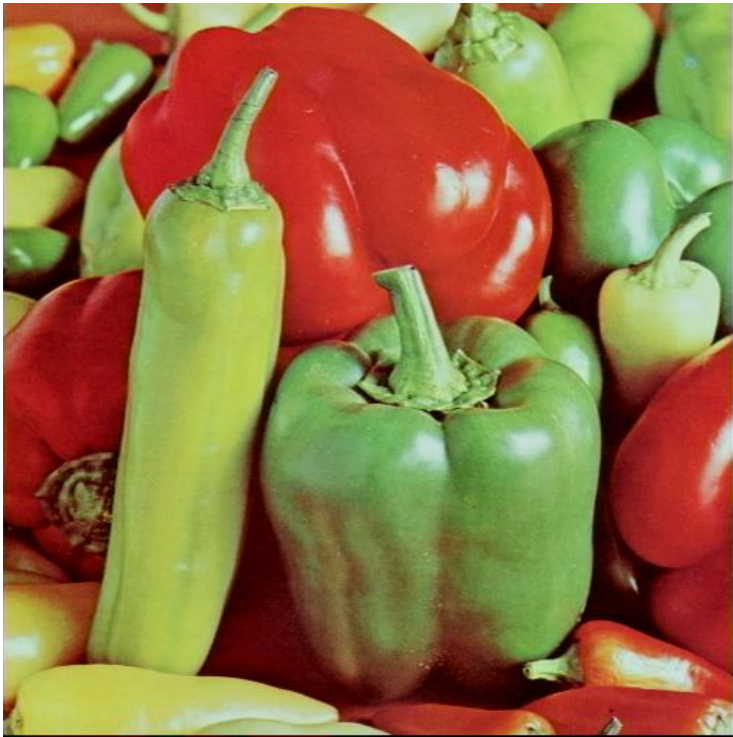
Noisy image



Filtered image

```
I = imread('peppers512.bmp');  
Inoise = imnoise(I, 'salt & pepper', 0.2);  
figure; imshow(I); figure; imshow(Inoise);  
r = Inoise(:, :, 1); g = Inoise(:, :, 2); b = Inoise(:, :, 3);  
Ifiltered_r = medfilt2(r, [3 3]);  
Ifiltered_g = medfilt2(g, [3 3]);  
Ifiltered_b = medfilt2(b, [3 3]);  
Ifiltered = cat(3, Ifiltered_r, Ifiltered_g, Ifiltered_b);  
figure; imshow(Ifiltered)
```

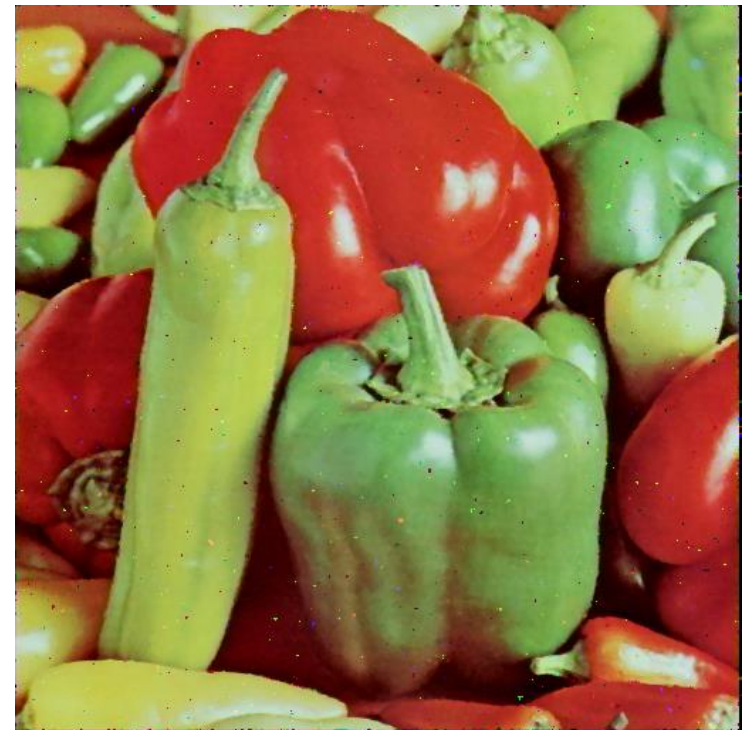
Penapis Median



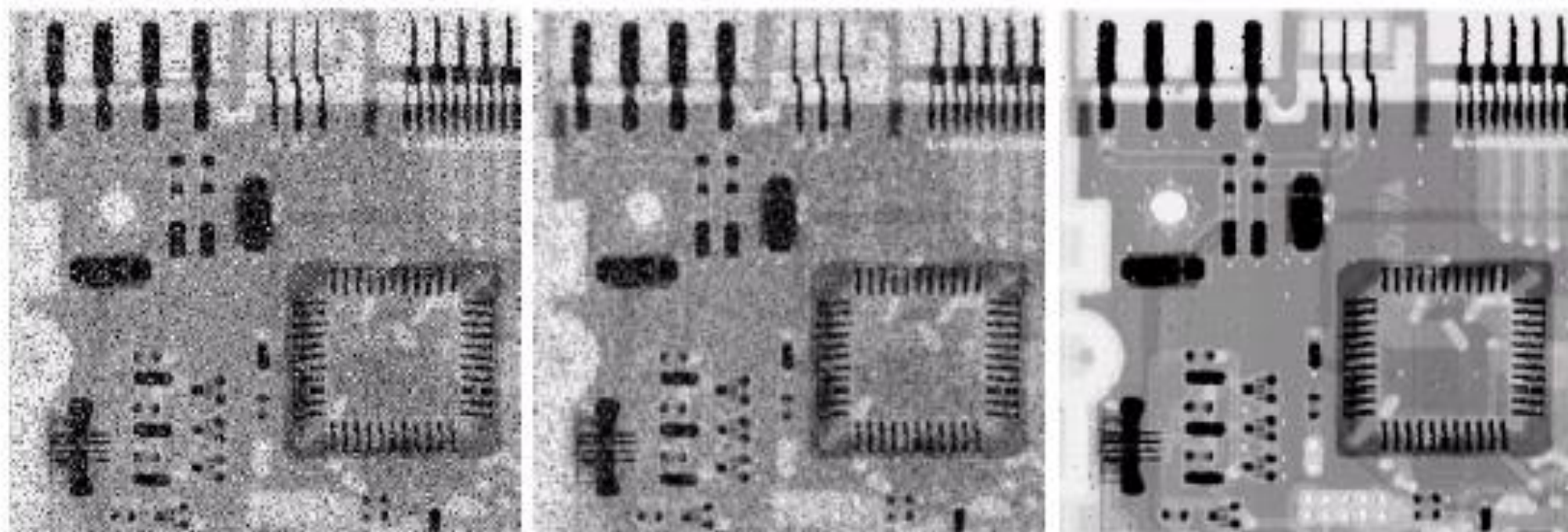
Original image



Noisy image



Filtered image



a b c

FIGURE 3.37 (a) X-ray image of circuit board corrupted by salt-and-pepper noise. (b) Noise reduction with a 3×3 averaging mask. (c) Noise reduction with a 3×3 median filter. (Original image courtesy of Mr. Joseph E. Pascente, Lixi, Inc.)

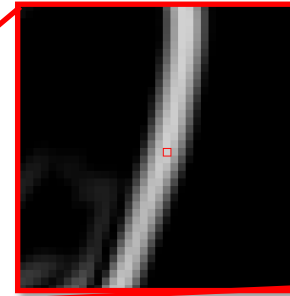
2. Penajaman Citra (*image sharpening*)

- Tujuan: memperjelas **tepi** (*edge*) objek di dalam citra.
- Penajaman citra merupakan kebalikan dari operasi pelembutan citra karena operasi ini menghilangkan bagian citra yang lembut.



Gambar Kiri: Citra Lena semula, **Kanan:** Citra Lena setelah penajaman

Di mana tepi?



Ini tepi

- Operasi penajaman dilakukan dengan melewatkan citra pada **penapis lolos-tinggi** (*high-pass filter*).
- Penapis lolos-tinggi akan meloloskan (sekalius memperkuat) komponen yang berfrekuensi tinggi (misalnya tepi atau pinggiran objek) dan akan menurunkan komponen berfrekuensi rendah. Akibatnya, pinggiran objek terlihat lebih tajam dibandingkan sekitarnya.
- Karena penajaman citra lebih berpengaruh pada tepi (*edge*) objek, maka penajaman citra sering disebut juga **penajaman tepi** (*edge sharpening*) atau peningkatan kualitas tepi (*edge enhancement*)

Penapis Lolos-Tinggi (*high-pass filter*)

Aturan penapis lolos-tinggi:

1. bobot di dalam penapis boleh positif, negatif, atau nol
2. jumlah semua bobot adalah 0 atau 1

$$(i) \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$
$$\Sigma = 0$$

$$(ii) \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$
$$\Sigma = 1$$

$$(iii) \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$
$$\Sigma = 1$$

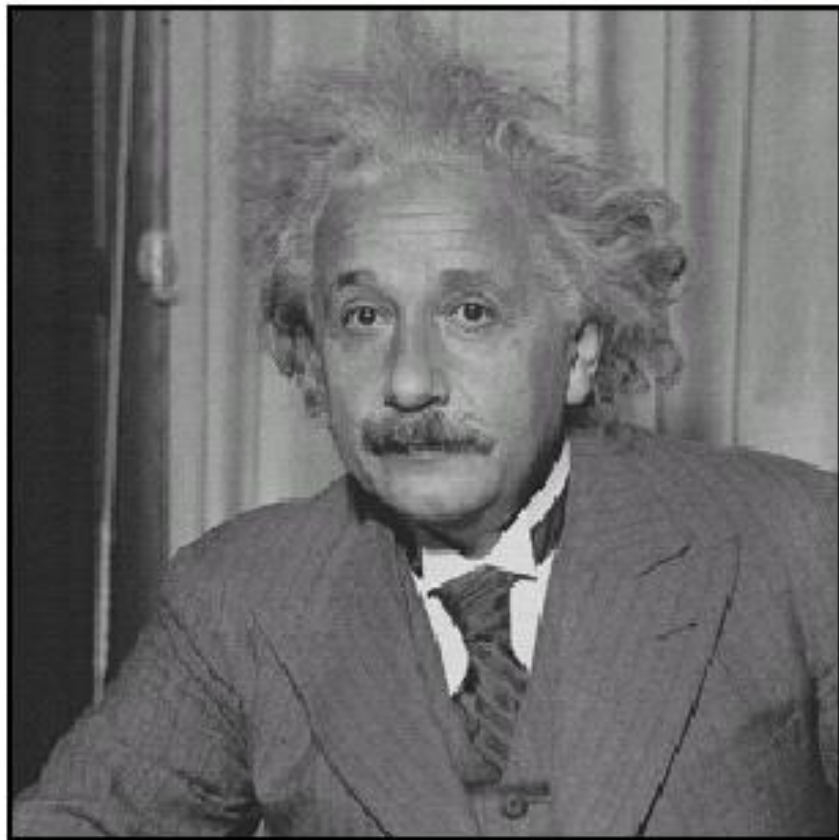
$$(iv) \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$
$$\Sigma = 1$$

$$(v) \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$
$$\Sigma = 0$$

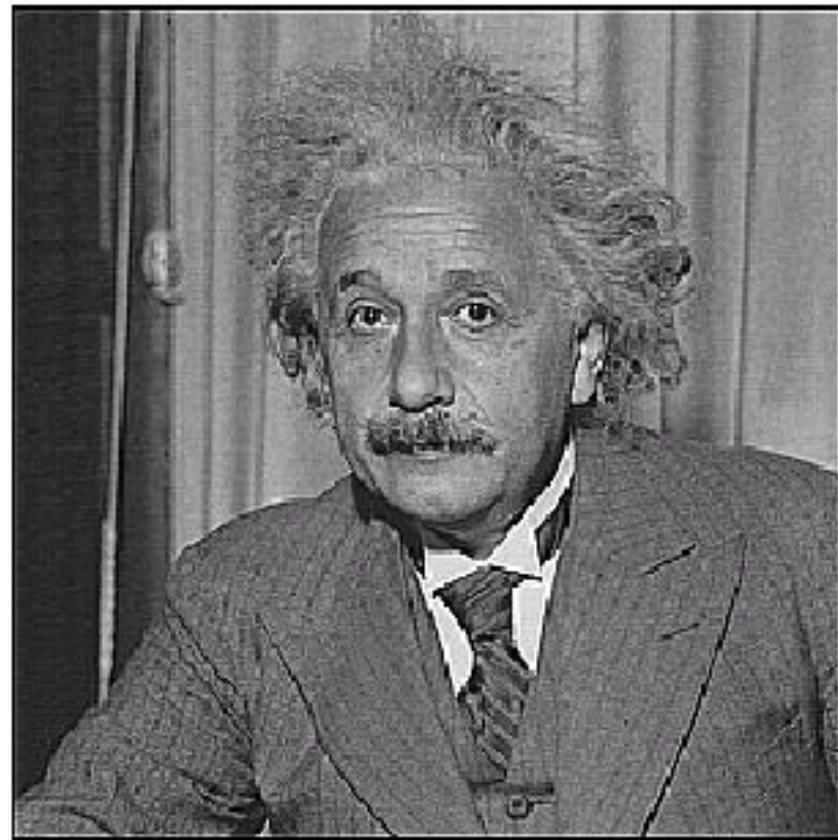
$$(vi) \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$
$$\Sigma = 0$$

Jika jumlah bobot = 0, maka komponen berfrekuensi rendah akan turun nilainya

Jika jumlah bobot sama dengan 1, maka komponen berfrekuensi rendah akan tetap sama dengan nilai semula. 41



before



after

```
I = imread('lena.bmp');  
figure, imshow(I);  
G = [-1 -1 -1; -1 9 -1; -1 -1 -1];  
Isharp = uint8(convn(double(I), double(G)));  
figure; imshow(Isharp)
```



$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$
$$\Sigma = 1$$



Gambar Kiri: Citra Lena semula, **Kanan:** Citra Lena setelah penajaman

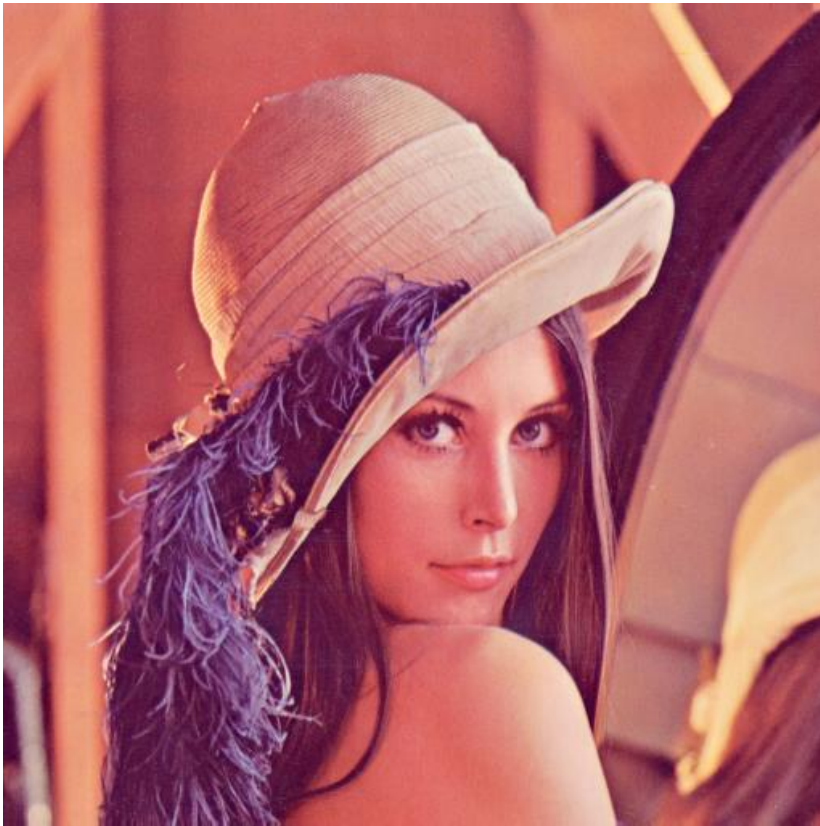
```
I = imread('lena.bmp');  
figure, imshow(I);  
G = [0 -1 0; -1 5 -1; 0 -1 0];  
Isharp = uint8(convn(double(I), double(G)));  
figure; imshow(Isharp)
```



$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$
$$\Sigma = 1$$



```
I = imread('lena.bmp');  
figure, imshow(I);  
G = [-1 -1 -1; -1 8 -1; -1 -1 -1];  
Isharp = uint8(convn(double(I),  
double(G)));  
figure; imshow(Isharp)
```



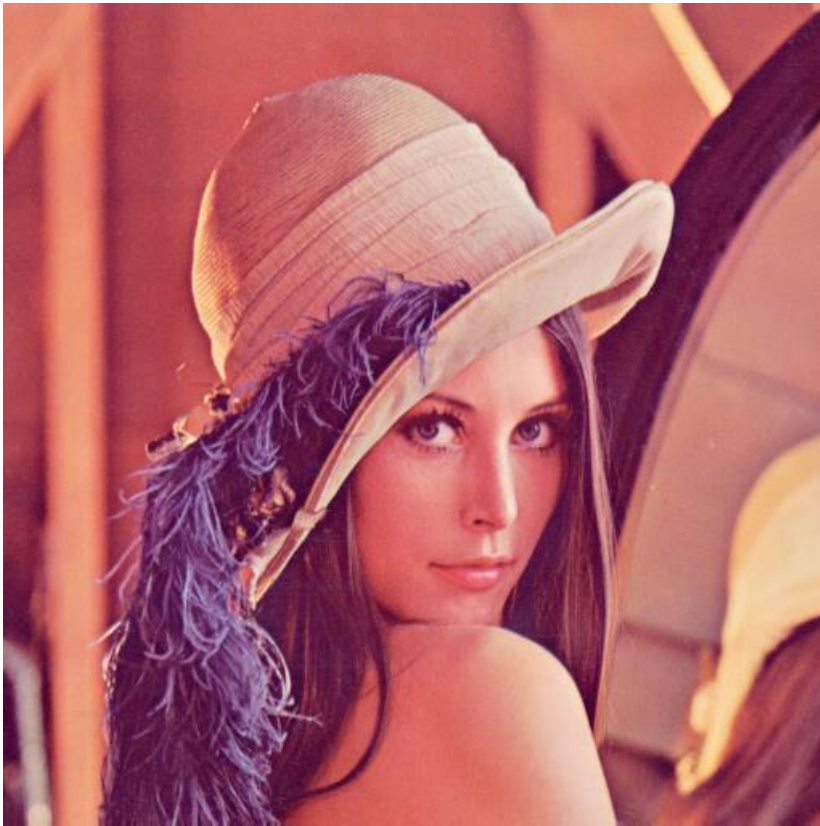
$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$\Sigma = 0$





```
I = imread('lena.bmp');  
figure, imshow(I);  
G = [0 1 0; 1 -4 1; 0 1 0];  
Isharp = uint8(convn(double(I),  
double(G)));  
figure; imshow(Isharp)
```



$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$
$$\Sigma = 0$$

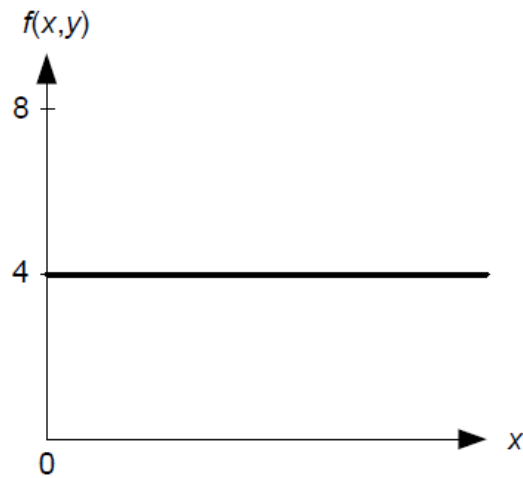


Jika jumlah bobot = 0, maka komponen berfrekuensi rendah akan turun nilainya, area bernilai konstan menjadi 0
 Jika jumlah bobot sama dengan 1, maka komponen berfrekuensi rendah akan tetap sama dengan nilai semula.

Citra semula:

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

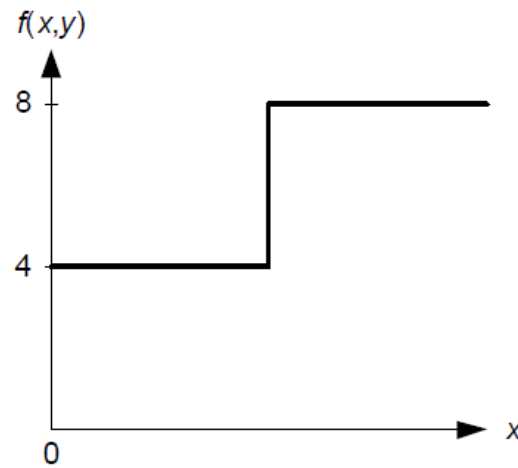
Kurva yang merepresentasikan citra:



Citra semula:

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

Kurva yang merepresentasikan citra:



Catatan: hasil penapisan mungkin menghasilkan nilai negatif, petakan kembali ke dalam $[0, 255]$.

$$(i) \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = 0$$

Hasil konvolusi dengan penapis (i):

$$\begin{bmatrix} x & x & x & x & x & x & x \\ x & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x \\ x & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x \\ x & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x \\ x & x & x & x & x & x & x \end{bmatrix}$$

Hasil konvolusi dengan penapis (ii):

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

(a)

$$(ii) \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = 1$$

Hasil konvolusi dengan penapis (i):

$$\begin{bmatrix} x & x & x & x & x & x & x \\ x & 0 & -12 & +12 & 0 & 0 & x \\ x & 0 & -12 & +12 & 0 & 0 & x \\ x & 0 & -12 & +12 & 0 & 0 & x \\ x & x & x & x & x & x & x \end{bmatrix}$$

Hasil konvolusi dengan penapis (ii):

$$\begin{bmatrix} x & x & x & x & x & x & x \\ x & 4 & -8 & +20 & 8 & 8 & x \\ x & 4 & -8 & +20 & 8 & 8 & x \\ x & 4 & -8 & +20 & 8 & 8 & x \\ x & x & x & x & x & x & x \end{bmatrix}$$

(b)

- Nilai bobot yang besar di titik pusat penapis memainkan peranan kunci dalam proses konvolusi.
- Pada komponen citra dengan frekuensi tinggi (yang berarti perubahan yang besar pada nilai intensitasnya), nilai tengah ini dikalikan dengan nilai *pixel* yang dihitung.
- Bobot negatif yang lebih kecil di sekitar titik tengah penapis bekerja untuk mengurangi faktor pembobotan yang besar.
- Efek nettonya adalah, *pixel-pixel* yang bernilai besar diperkuat, sedangkan area citra dengan intensitas *pixel* konstan tidak berubah nilainya.

Penapis lain untuk penajaman citra

- *Unsharp masking*
 - *High Boost filter*
 - *Gradient (1^{st} derivative)*
 - *Laplacian (2^{nd} derivative)*
-
- Dua penapis terbawah akan dibahas dalam materi Pendeteksian Tepi (*Edge Detection*)

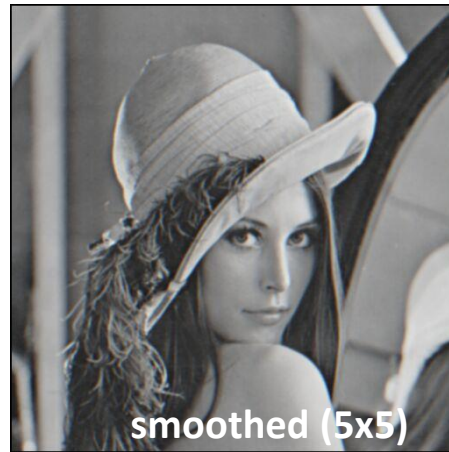
Sharpening Filters: Unsharp Masking

- Menghasilkan citra tajam dengan cara mengurangi citra hasil pelembutan (*smoothed image* atau citra hasil *low-pass filter*) dari citra semula (*original image*).

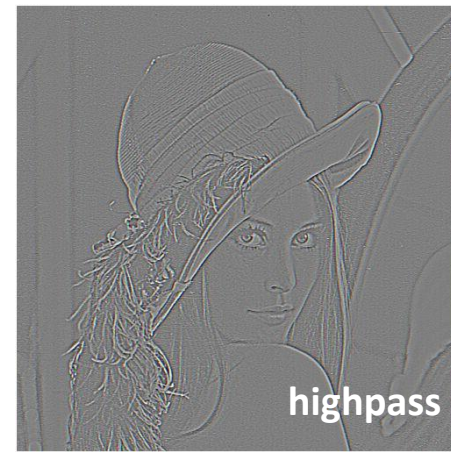
$$\textit{Highpass} = \textit{Original} - \textit{Lowpass}$$



—



=

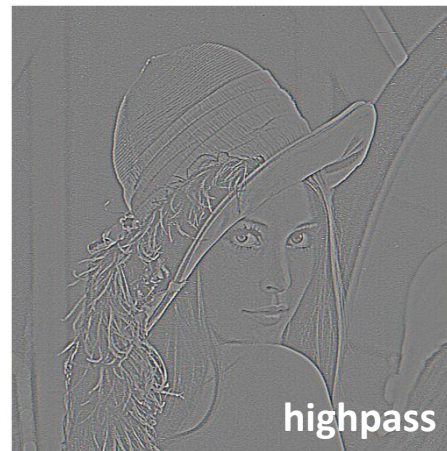


(after contrast enhancement)

Original + highpass = sharp image



+



(after contrast
enhancement)

=



Source: S. Lazebnik

```

Original = imread('lena.bmp');
G = [1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25];
Lowpass = uint8(convn(double(Original),
                      double(G), 'same'));
Highpass = Original - Lowpass;
Isharp = Original + Highpass;
figure,imshow(Original);
figure, imshow(Lowpass);
figure, imshow(Highpass);
figure,imshow(Isharp);

```



Original image



Lowpass image (smooth)



Highpass image



Sharp image

Sharpening Filters: High Boost

- *Boost filtering* digunakan bilamana citra masukan lebih gelap daripada citra yang diinginkan.
- *High-boost filter* menghasilkan citra menjadi lebih terang dan lebih alami.
- **High boost filter**: amplifikasi citra original, lalu kurangkan dengan *lowpass image*.

$$\begin{aligned}
 \text{Highboost} &= \alpha \text{ Original} - \text{Lowpass} \\
 &= (\alpha - 1) \text{ Original} + \text{Original} - \text{Lowpass} \\
 &= (\alpha - 1) \text{ Original} + \text{Highpass}
 \end{aligned}$$



- Jika $\alpha = 1$, kita mendapatkan *unsharp masking*.
- Jika $\alpha > 1$, bagian citra original ditambahkan kembali ke citra hasil *high pass filter*.

$$\text{Highboost} = (\alpha - 1) \text{ Original} + \text{Highpass}$$

Satu cara untuk
mengimplementasikan
high boost filtering
 adalah dengan
 menggunakan *mask*
 berikut:

A ≥ 1			A = 2		
w = 9A - 1			w = 17		
-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	w	-1	-1	17	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1

$$\alpha = 2.4$$

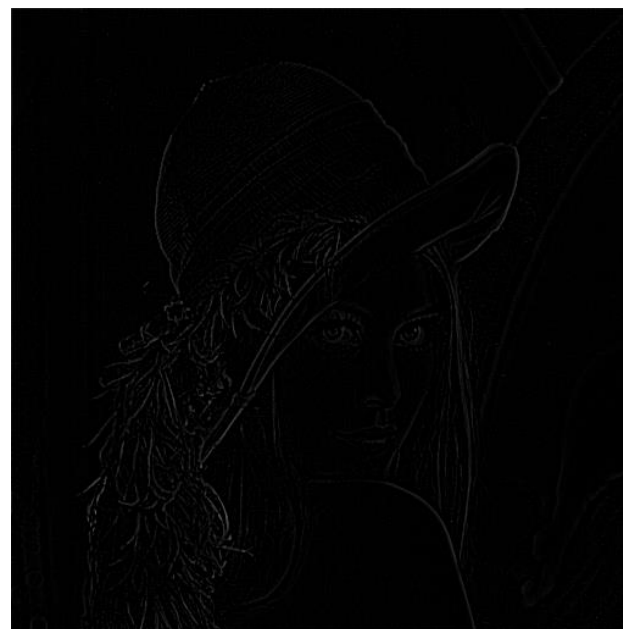
```
A = 2.4;
Original = imread('lena.bmp');
G = [1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25];
Lowpass =
uint8(convn(double(Original),
            double(G), 'same'));
Highpass = Original - Lowpass;
Isharp = (A - 1)*Original + Highpass;
figure,imshow(Original);
figure, imshow(Lowpass);
figure, imshow(Highpass);
figure,imshow(Isharp);
```



Original image



Lowpass image (smooth)



Highpass image



Sharp image

$$\alpha = 2.9$$

```
A = 2.9;
Original = imread('lena-gray.bmp');
G = [1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25;
     1/25 1/25 1/25 1/25 1/25];
Lowpass =
uint8(convn(double(Original),
            double(G), 'same'));
Highpass = Original - Lowpass;
Isharp = (A - 1)*Original + Highpass;
figure,imshow(Original);
figure, imshow(Lowpass);
figure, imshow(Highpass);
figure,imshow(Isharp);
```



Original image



Lowpass image (smooth)



Highpass image



Sharp image