

Image Smoothing

- Biasa dilakukan untuk menghilangkan efek pada citra digital yang disebabkan oleh keterbatasan sistem pencuplikan atau kanal transmisi
- Teknik penghalusan:
 - Domain spasial, contoh: mean, median, dan modus filtering
 - Domain frekwensi, contoh: lowpass filtering
- Efek samping: citra menjadi blur

Mean filtering (neighborhood averaging)

- Diberikan (bagian) citra $N \times N$ pixel: $f(x, y)$
- Citra hasil: $g(x, y) \rightarrow$ merata-ratakan nilai gray level pixel-pixel pada $f(x, y)$ yang termasuk dalam area (neighborhood) tertentu

$$g(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{(n, m) \in S} f(n, m); \quad x, y = 0, 1, \dots, N-1$$

S: himpunan titik koordinat yang merupakan tetangga (neighbor) dari titik (x, y) , termasuk (x, y) itu sendiri

~~**M**: Jumlah total titik dalam neighborhood {neighborhood tidak selalu berbentuk bujur sangkar}~~

Matriks ketetanggaan

- Biasanya N bilangan ganjil \rightarrow titik (x,y) bisa berada di tengah matriks

1	2	3
4	T	5
6	7	8

3x3

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	T	13	14
15	16	17	18	19
20	21	22	23	24

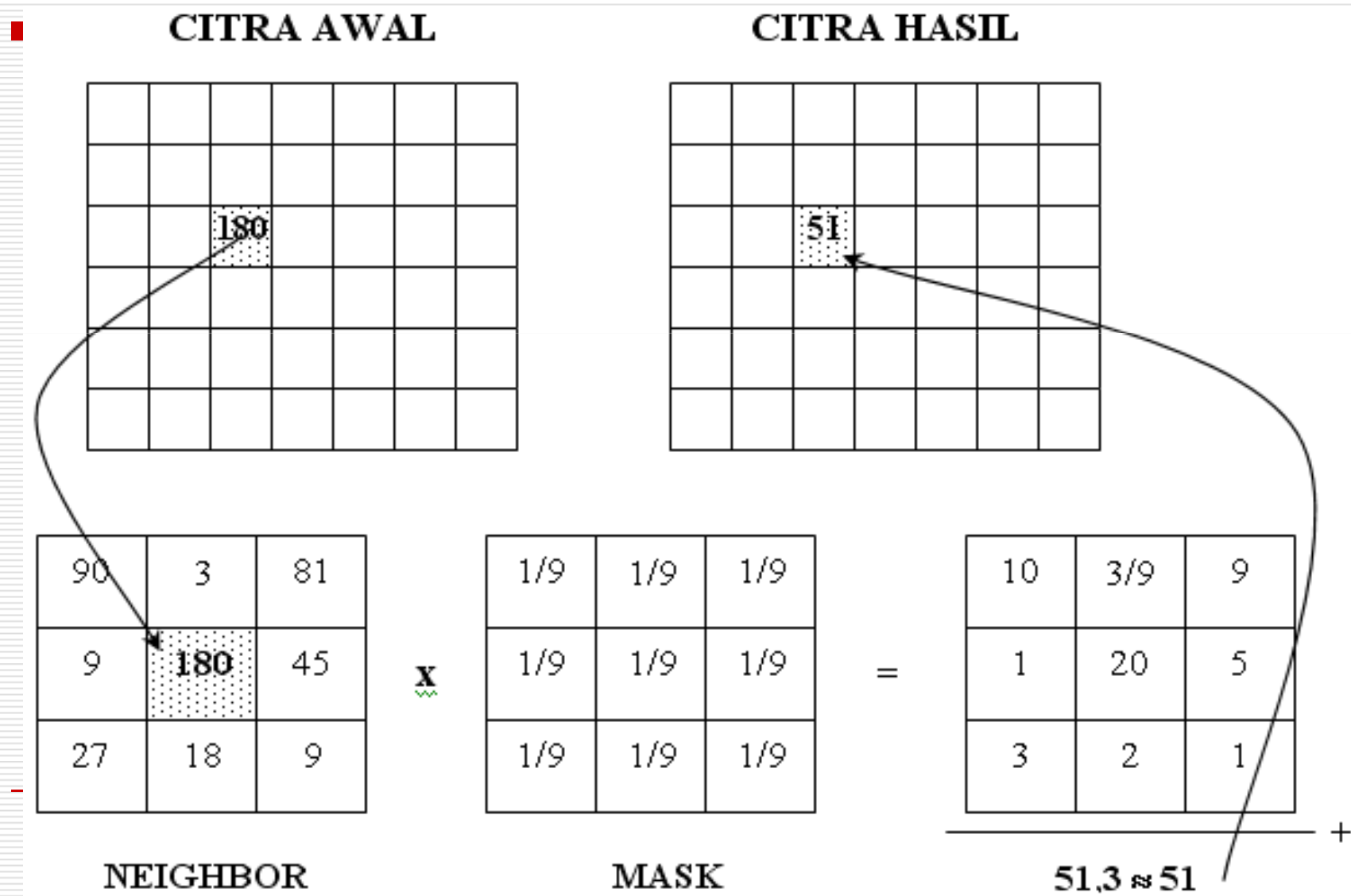
5x5

Matriks Mask

- Ukuran sama dengan matriks ketetanggaan
- Menyimpan operasi yang akan dikenakan terhadap matriks ketetanggaan
 - Isi matriks mask menentukan operasi terhadap matriks ketetanggaan
 - Untuk averaging diisi dengan 1/M
- Operasi secara skalar:

$$G(x, y) = \sum_{(n,m) \in S} \text{Mask}(n, m) \times \text{Neighborhood}(n, m)$$

Contoh



Shortcut

- Karena yang sebenarnya dilakukan adalah mencari rata-rata, maka dapat langsung dilakukan penjumlahan isi matriks *neighborhood* baru kemudian membaginya dengan $(N \times N)$ → tidak perlu mengalikan satu per satu baru kemudian dijumlahkan
-

Contoh mean filtering

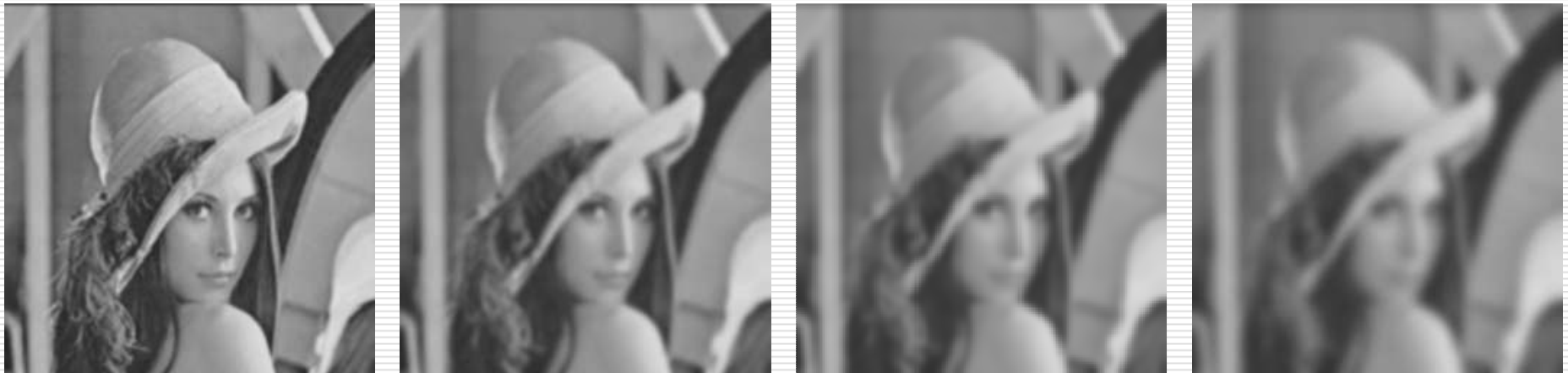


0,11	0,11	0,11
0,11	0,11	0,11
0,11	0,11	0,11



Tingkat *blurring*

- Tingkat *blurring* yang didapat pada citra hasil sebanding dengan ukuran matriks ketetanggaan yang digunakan



Ukuran matriks ketetanggaan semakin besar

Thresholding

- Mengurangi efek blurring pada pixel sisi

$$g(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{M} \sum_{(m,n) \in S} f(m, n) & \text{if } \left| f(x, y) - \frac{1}{M} \sum_{(m,n) \in S} f(m, n) \right| < T \\ f(x, y) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Masalah pada mean filtering

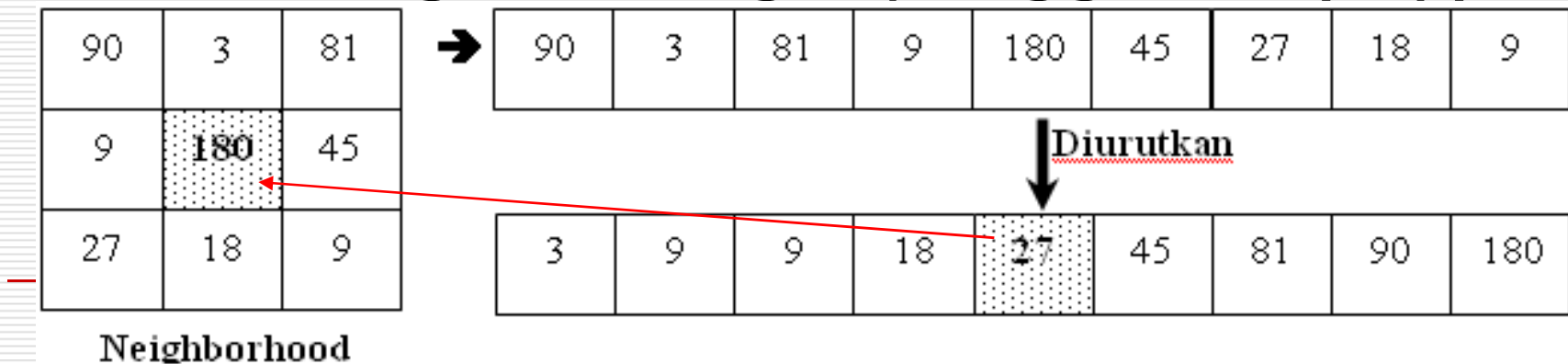
- ❑ Masalah dengan mean filtering: cara mempertahankan sisi atau detil tepi
 - ❑ Alternatif solusi: penggunaan threshold
 - ❑ Masalah baru: penentuan threshold
 - Mungkin perlu trial and error
 - ❑ Alternatif lain: median filtering
-

Median filtering

- Ide: nilai median dari pixel-pixel dalam matriks ketetanggaan digunakan sebagai warna pixel $f(x,y)$
 - Metode ini tepat untuk menghilangkan noise yang bersifat spike sementara diinginkan untuk tetap mempertahankan ketajaman sisi
-

Mencari median

- Masukkan nilai-nilai dalam matriks neighborhood dalam matriks satu dimensi
- Urutkan nilai dalam matriks 1 dimensi tsb
- Nilai tengah sebagai pengganti $f(x,y)$



Contoh median filtering



Median filtering
dgn mask 3 x 3



Modus filtering

- Ide: warna yang paling banyak muncul dalam matriks ketetanggaan digunakan sebagai warna $f(x,y)$

90	3	81
9	180	45
27	18	9

Neighborhood

→ Nilai yang paling sering muncul = 9

→ Warna $f(x,y)$ diubah dari 180 menjadi 9

Contoh modus filtering



Modus filtering
dgn mask 5 x 5



3 x 3

5 x 5

7 x 7



Mean filtering



Median filtering

Citra asli



Modus filtering

3 x 3

5 x 5

7 x 7



**Mean
filtering**



**Median
filtering**

Citra asli



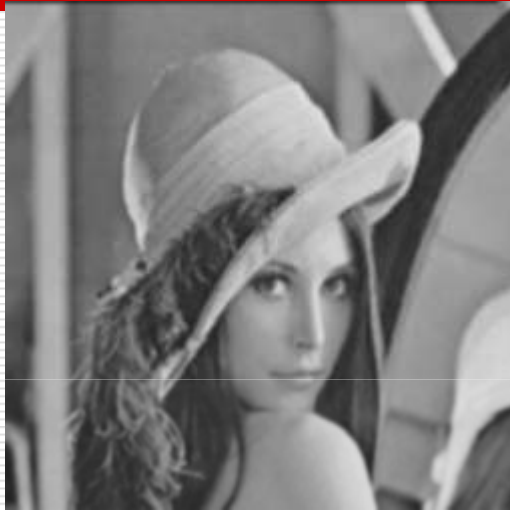
**Modus
filtering**

Low-pass filtering:

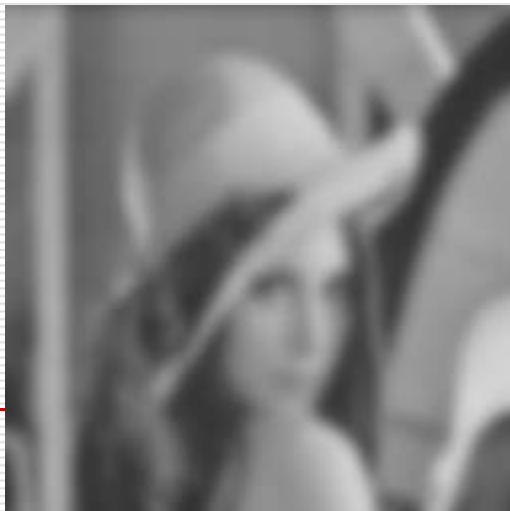
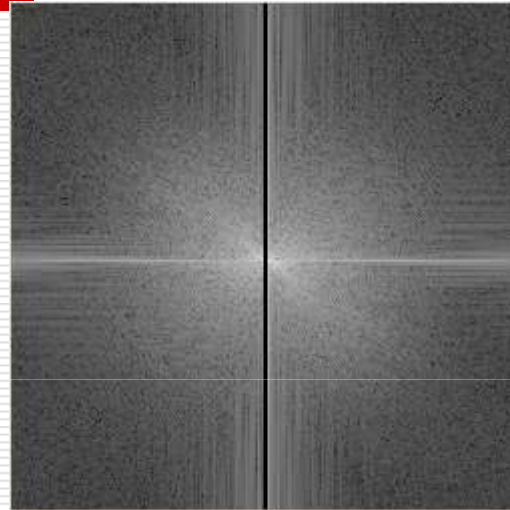
Blurring pada domain frekwensi

- ❑ Sisi dan transisi tajam lain (misal: noise) pada gray level dari suatu citra berkontribusi terhadap frekwensi tinggi pada transformasi Fourier
 - ❑ Blurring dapat dilakukan dengan 'menyaring' (menghilangkan) frekwensi tinggi
-

Contoh FFT citra asli & citra blur



→
FFT



→
FFT

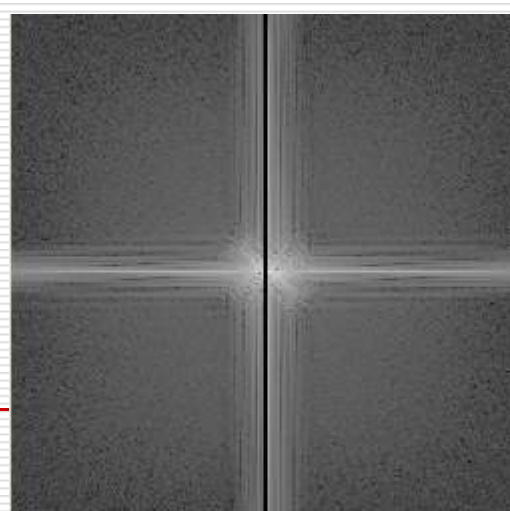


Image Sharpening

- Teknik sharpening biasa digunakan untuk memperjelas sisi pada citra
 - Teknik sharpening
 - Di domain spasial (contoh: differentiation)
 - Di domain frekwensi (contoh: high-pass filter)
-

Sharpening dengan differentiation

- ❑ Averaging → integrasi; sharpening → turunan (differentiation)
- ❑ Metode differentiation yang sering digunakan: *gradient*
- ❑ Diberikan fungsi $f(x,y)$, gradient dari f pada (x,y) didefinisikan dengan vektor **G**:

$$\mathbf{G}[f(x,y)] = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad G[f(x,y)] = \text{mag}[\mathbf{G}] = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Salah satu pendekatan gradien untuk proses digital

$$G[f(x, y)] \cong$$

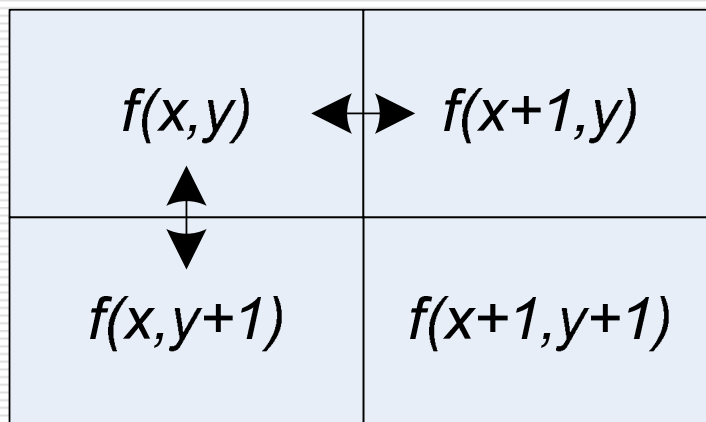
$$\left\{ [f(x, y) - f(x+1, y)]^2 + [f(x, y) - f(x, y+1)]^2 \right\}^{1/2}$$

atau

$$G[f(x, y)] \cong$$

$$|f(x, y) - f(x+1, y)| + |f(x, y) - f(x, y+1)|$$

Ilustrasi & kelemahan



- Untuk citra $N \times N$ pixel, tidak mungkin didapat gradien untuk pixel-pixel pada baris maupun kolom terakhir
-

Pendekatan lain: *Roberts gradient*

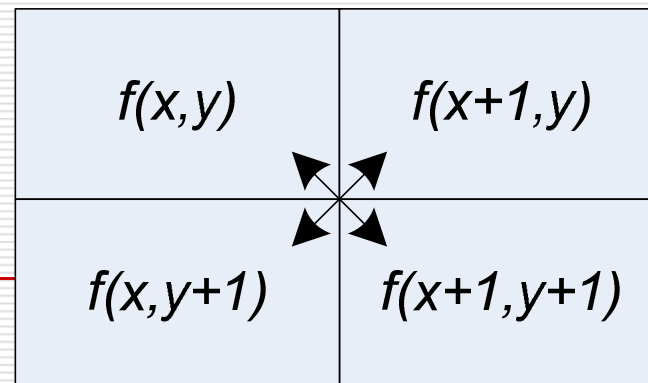
$$G[f(x, y)] \cong$$

$$\left\{ [f(x, y) - f(x+1, y+1)]^2 + [f(x+1, y) - f(x, y+1)]^2 \right\}^{1/2}$$

atau

$$G[f(x, y)] \cong$$

$$|f(x, y) - f(x+1, y+1)| + |f(x+1, y) - f(x, y+1)|$$



Nilai gradien

- Proporsional dengan perbedaan nilai gray level antar pixel yang bertetangga
 - Nilai tinggi untuk sisi (warna berbeda dengan tajam)
 - Nilai kecil untuk daerah yang relatif sama warnanya



Citra asli



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

Variasi pendekatan untuk $g(x,y)$

$$g(x,y) = \begin{cases} G[f(x,y)]; & G[f(x,y)] \geq T \\ f(x,y); & G[f(x,y)] < T \end{cases}$$

Masalah: penentuan nilai T yang tepat shg tepi dapat dipertajam tanpa merusak pixel-pixel non-tepi

$$g(x,y) = \begin{cases} L_G; & G[f(x,y)] \geq T \\ f(x,y); & G[f(x,y)] < T \end{cases}$$

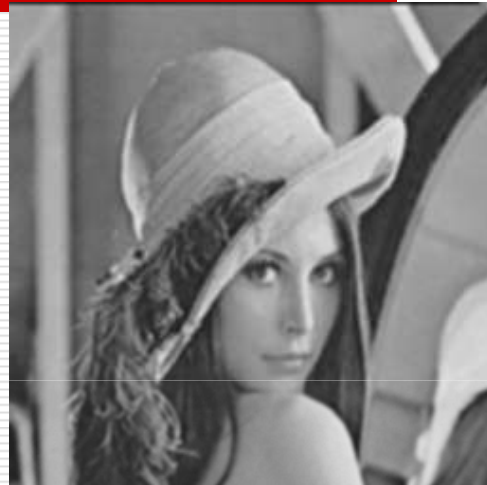
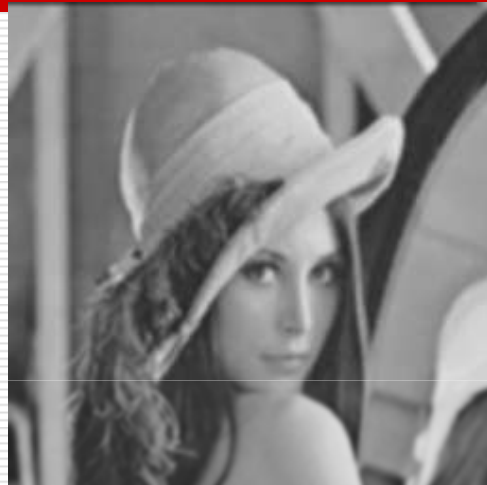
L_G : Nilai gray level tertentu untuk mewakili pixel-pixel tepi

$$g(x,y) = \begin{cases} G[f(x,y)]; & G[f(x,y)] \geq T \\ L_B; & G[f(x,y)] < T \end{cases}$$

L_B : Nilai gray level tertentu untuk mewakili pixel-pixel non-tepi

$$g(x,y) = \begin{cases} L_G; & G[f(x,y)] \geq T \\ L_B; & G[f(x,y)] < T \end{cases}$$

Contoh sharpening



High-pass filtering:

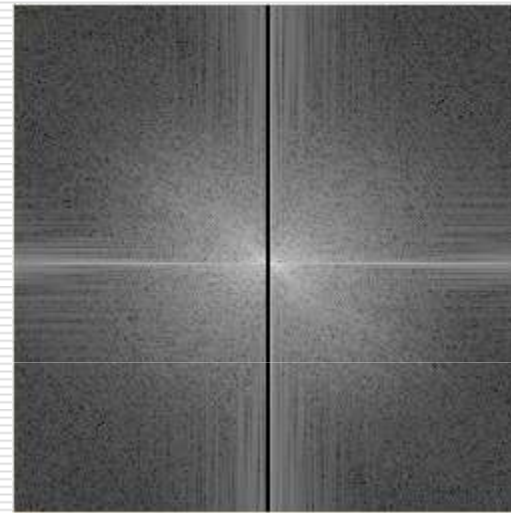
Sharpening pada domain frekwensi

- Sisi dan transisi tajam lain (misal: noise) pada gray level dari suatu citra berkontribusi terhadap frekwensi tinggi pada transformasi Fourier
 - Sharpening dapat dilakukan dengan 'menyaring' (menghilangkan) frekwensi rendah
-

Contoh FFT citra asli & citra sharpened



→
FFT



→
FFT

