

Spatial Filtering

FILTERING

- Digunakan untuk proses pengolahan citra :
 - Perbaikan kualitas citra (image enhancement)
 - Penghilangan derau (noise)
 - Mengurangi erotan
 - Penghalusan/pelembutan citra g/p
 - Deteksi tepi, penajaman tepi
 - Dll.

TEORI KONVOLUSI(1)

- Untuk mengaplikasikan filtering pada citra, digunakan metode **konvolusi**.
- Konvolusi 2 fungsi $f(x)$ dan $g(x)$

$$f(x) * g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha)g(x - \alpha)d\alpha$$

α = peubah bantu

- Fungsi Diskrit:

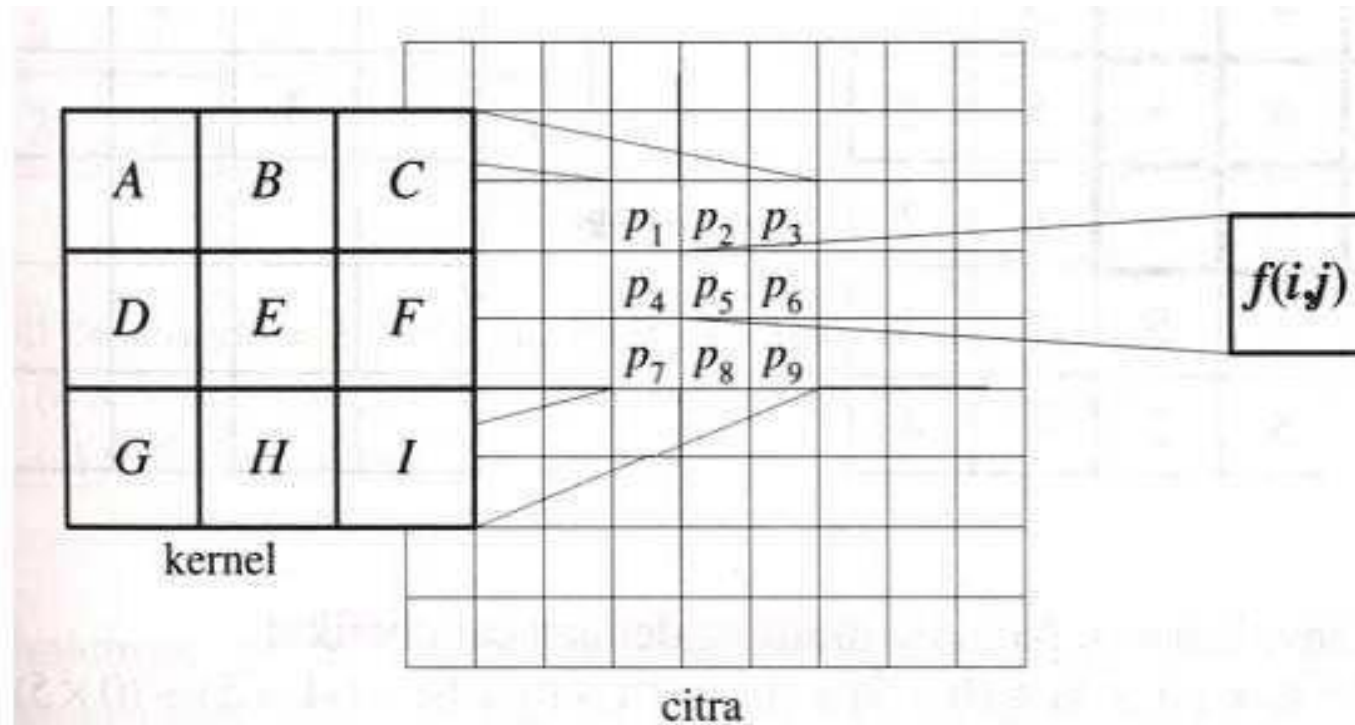
$$f(x) * g(x) = \sum f(\alpha)g(x - \alpha)$$

$$f(x, y) * g(x, y) = \sum_{a=-\infty}^{\infty} \sum_{b=-\infty}^{\infty} f(a, b)g(x - a, y - b)$$

TEORI KONVOLUSI (2)

- $g(x) \rightarrow$ convolution mask / filter / kernel atau template.
- **Notasi:** $f(x, y) * g(x, y) = f(x, y) \otimes g(x, y)$
- Konvolusi bisa dinyatakan dalam matriks.
- Tiap elemen matriks filter : **koefisien konvolusi.**
- **Operasi konvolusi** \rightarrow menggeser kernel pixel per pixel - hasil disimpan dalam matriks baru.

ILUSTRASI KONVOLUSI



$$f(i, j) = Ap_1 + Bp_2 + Cp_3 + Dp_4 + Ep_5 + Fp_6 + Gp_7 + Hp_8 + Ip_9$$

CONTOH KONVOLUSI

- y Citra $f(x,y)$ berukuran 5x5 dan sebuah kernel berukuran 3x3

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} 4 & 4 & 3 & 5 & 4 \\ 6 & 6 & 5 & 5 & 2 \\ 5 & 6 & 6 & 6 & 2 \\ 6 & 7 & 5 & 5 & 3 \\ 3 & 5 & 2 & 4 & 4 \end{bmatrix} \quad g(x, y) = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & \bullet 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

- Tanda • → posisi (0,0) dari kernel

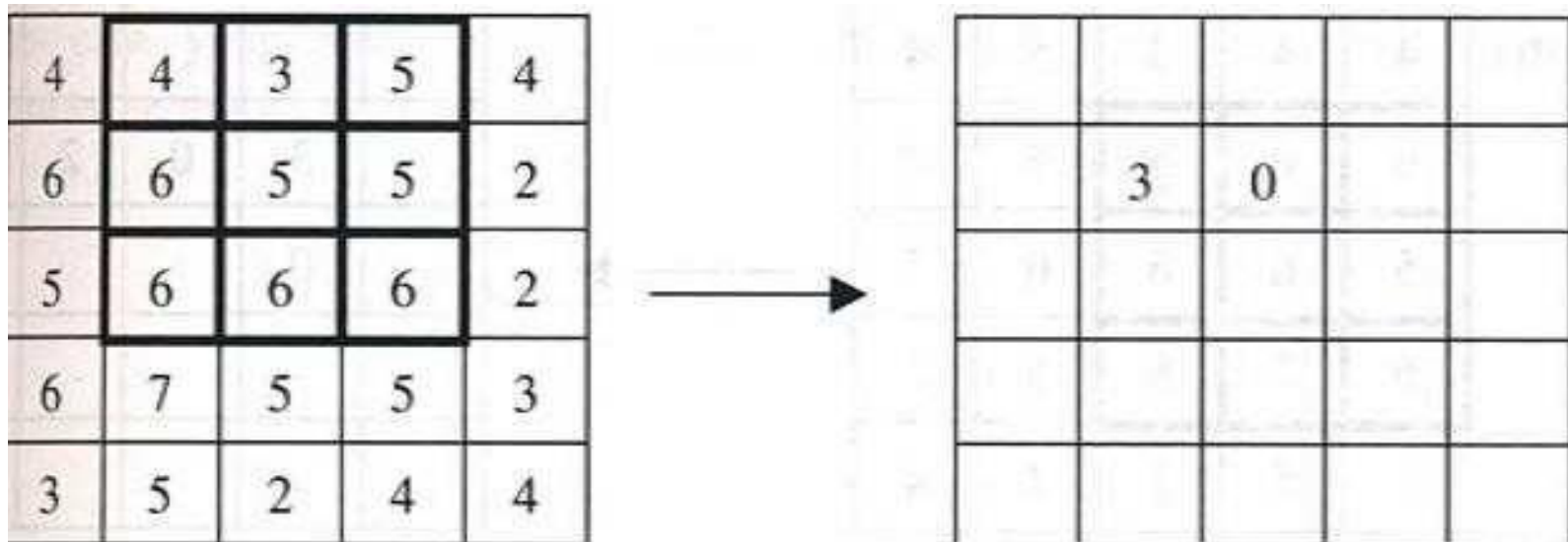
CONTOH KONVOLUSI

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



	3			

CONTOH KONVOLUSI



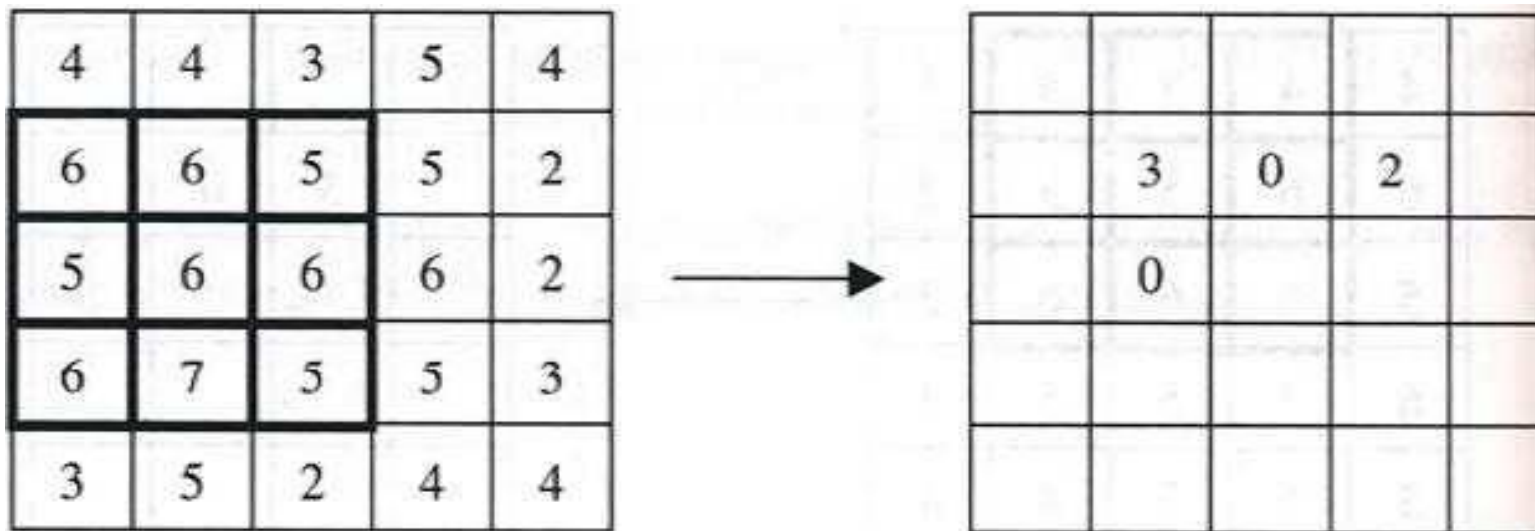
CONTOH KONVOLUSI

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



	3	0	2	

CONTOH KONVOLUSI



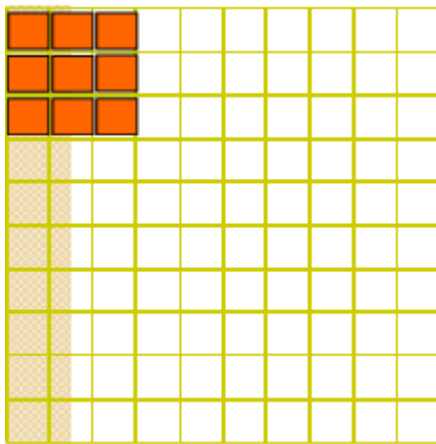
HASIL CONTOH KONVOLUSI

- **Bila hasil konvolusi negatif**, maka nilai dijadikan 0. (clipping)
- **Bila hasil konvolusi > derajat keabuan maksimum**, maka nilai diubah kederajat keabuan maksimum (clipping)

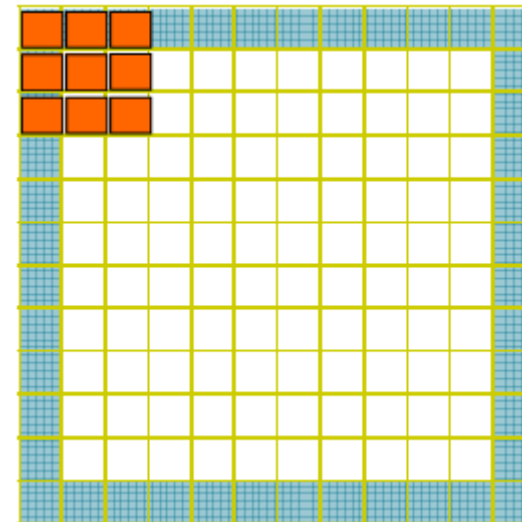
YANG PERLU DIINGAT

- Gunakan citra baru untuk menampung hasil perhitungan
- Selalu gunakan nilai dari citra asli untuk input (bukan nilai pixel hasil perhitungan sebelumnya)
- Bila filter sampai pada pinggir citra, terdapat beberapa pilihan:
 - *Biarkan pixel di pinggir tanpa diproses*
 - *Perlebar citra, pixel di pinggir diisi perulangan nilai pixel pada pinggir tersebut*
 - *Perlebar citra, pixel di pinggir diisi konstanta tertentu*
 - *Perlebar citra dengan melakukan image warping*

MEMBERI ELEMEN TAMBAHAN



padding



diberi kolom dan baris tambahan, dan diisi dengan



nilai 0 (nol), atau



konstanta

Hasil Konvolusi Pinggir Diabaikan

- Solusi ketiga elemen pinggir tadi mengasumsikan bahwa pixel pinggir berukuran amat kecil → mata tidak bisa melihat.

4	4	3	5	4
6	4	0	8	2
5	0	2	6	2
6	6	0	2	3
3	5	2	4	4

Contoh Aplikasi Konvolusi



(a) Citra Lena semula

$$* \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} =$$

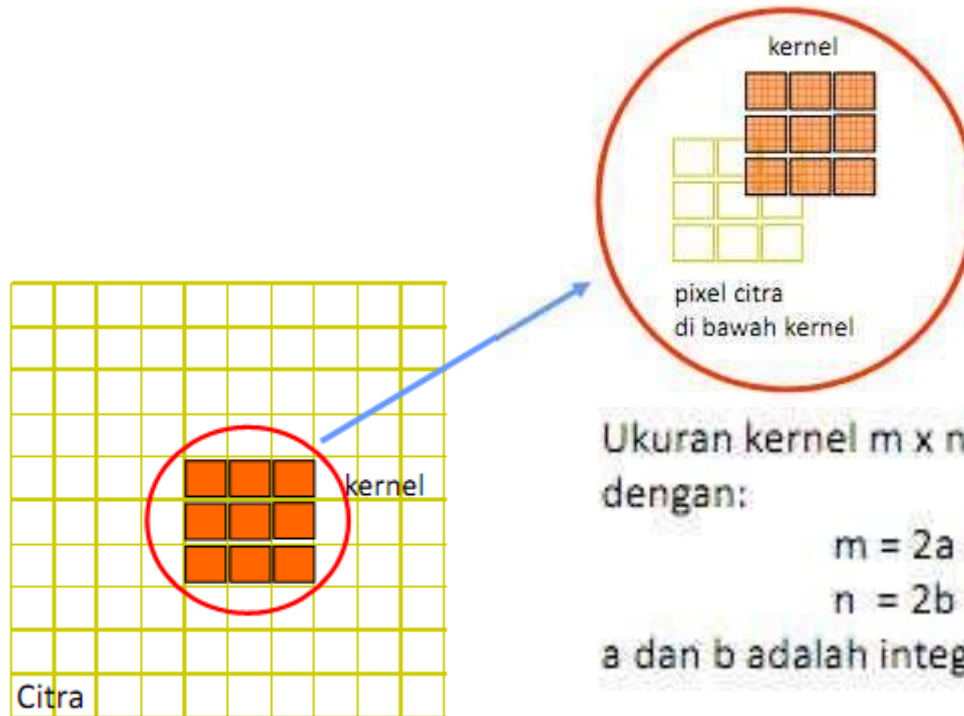


(b) Citra Lena sesudah konvolusi

Filtering

- Penapisan (filtering) termasuk pengolahan lokal, yaitu dalam transformasinya melibatkan:
 - nilai-nilai pixel tetangganya
 - nilai-nilai suatu sub-citra yang memiliki dimensi yang sama.
 - Sub-citra ini dikenal sebagai filter, mask, kernel, template, atau window. atau window.
 - Nilai dalam sub-citra tidak disebut sebagai nilai intensitas pixel, tetapi sebagai koefisien
- Filtering yang dibicarakan saat ini adalah penapisan spasial (spatial filtering)

Konsep Filtering



Ukuran kernel $m \times n$
dengan:

$$m = 2a + 1$$

$$n = 2b + 1$$

a dan b adalah integer non-negatif

Secara umum dikatakan ukuran kernel selalu ganjil/gasal

Contoh: 3x3, 5x5, 7x7, 3x5, 3x7, dst.

Pada umumnya $m = n$

Konsep Filtering

- Beberapa penapis yang sering dipakai :
 - Lowpass spatial filtering
 - Median
 - Highpass spatial filtering
 - Laplacian
 - Directional
 - Roberts
 - Sobel
 - Gaussian

Low Pass Spatial Filter

- Untuk menghaluskan citra
- Didasarkan pada perata-rataan nilai pixel dengan tetangga
- Filter lolos-bawah (*low-pass filter*) juga disebut penapis perataan (*averaging filter*)
- Filter ini akan menghasilkan citra yang lebih lembut (*smooth*) sehingga terkesan kabur (blur); dan mengurangi kisaran aras abu-abu
- Bobot filter selalu positif yang totalnya bernilai 1

Low Pass Spatial Filter

□ Contoh beberapa filter

$$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{32} \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 3 & 16 & 3 \\ 1 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{N^2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{N \times N}$$

Low Pass Spatial Filter

- Contoh beberapa filter

$$\frac{1}{9} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Kernel penapis perata 3x3

Penapis dengan semua koefisien sama disebut penapis kotak (*box filter*)

$$\frac{1}{16} \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Kernel penapis perata berbobot (*weighted averaging*) 3x3

Matriks Low Pass Spatial Filter

136	127	142	135	143	152	172	173	189	184
143	138	125	145	138	145	137	171	175	185
157	145	139	133	146	139	136	147	157	164
165	154	157	145	143	147	147	133	146	158
174	158	167	162	158	147	146	140	142	149
185	169	167	159	180	160	146	143	137	145
190	180	161	162	172	178	149	141	141	139
192	166	177	158	172	156	161	144	137	141
192	186	170	172	146	159	147	137	140	140
205	184	184	152	160	142	157	142	140	141

Matriks citra semula
Sampel 10x10 kiri atas

$$142 = (138 + 125 + 145 + 145 + 139 + 133 + 154 + 157 + 145) / 9 = 1281 / 9 = 142.33$$

135	135	135	138	143	150	160	172	180	187
142	139	136	138	141	145	152	161	171	182
151	147	142	141	142	142	144	149	159	172
161	157	151	150	146	145	142	143	148	161
169	166	159	159	155	152	145	142	143	151
178	172	165	165	164	159	150	142	141	146
183	176	166	167	166	163	153	144	140	142
186	179	170	165	163	160	152	144	140	142
190	184	172	165	157	155	149	145	140	139
194	187	176	165	157	152	148	144	141	139

Matriks citra hasil penapisan
Sampel 10x10 kiri atas

Contoh Hasil Low Pass Filtering



$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Median Filter

- Digunakan untuk menghilangkan noise
- Menggunakan nilai tengah dari pixel-pixel yang tertutup filter



Matriks hasil median

136	127	142	135	143	152	172	173	189	184
143	138	125	145	138	145	137	171	175	185
157	145	139	133	146	139	136	147	157	164
165	154	157	145	143	147	147	133	146	158
174	158	167	162	158	147	146	140	142	149
185	169	167	159	180	160	146	143	137	145
190	180	161	162	172	178	149	141	141	139
192	166	177	158	172	156	161	144	137	141
192	186	170	172	146	159	147	137	140	140
205	184	184	152	160	142	157	142	140	141

Matriks citra semula
Sampel 10x10 kiri atas

125 133 138 139 145 145 145 154 157

↑
median

136	127	142	135	143	152	172	173	189	184
143	139	138	139	143	143	147	171	173	185
157	145	145	143	145	143	145	147	158	175
165	157	154	146	146	146	146	146	147	158
174	167	159	159	158	147	146	143	143	146
185	169	162	162	162	158	146	142	141	145
190	177	166	167	162	161	149	143	141	141
192	180	170	170	162	159	149	141	140	141
192	184	172	170	158	157	147	142	140	140
205	186	175	170	158	154	145	145	141	140

Matriks citra hasil penapisan
Sampel 10x10 kiri atas

Highpass Spatial Filter

- Disebut sebagai ***sharpening mask***, karena mempercepat pergantian batas gelap-terang
- Filter memiliki nilai positif di tengah, negatif dipinggir dan **total bobot harus 0**
 - $\Sigma \text{ koefisien} = 0 \rightarrow$ komponen freq. rendah turun
 - $\Sigma \text{ koefisien} = 1 \rightarrow$ komponen freq. rendah tetap

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

$\Sigma = 0$

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

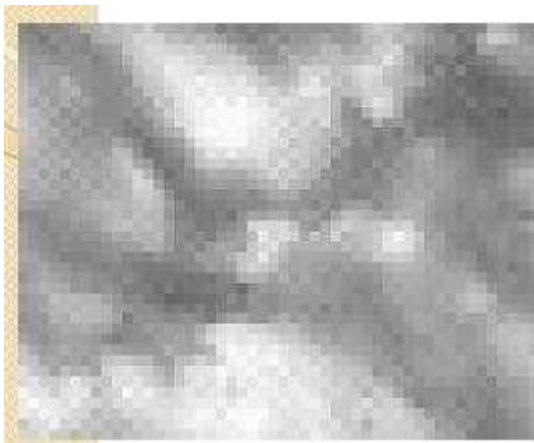
$\Sigma = 1$

Highpass Spatial Filter

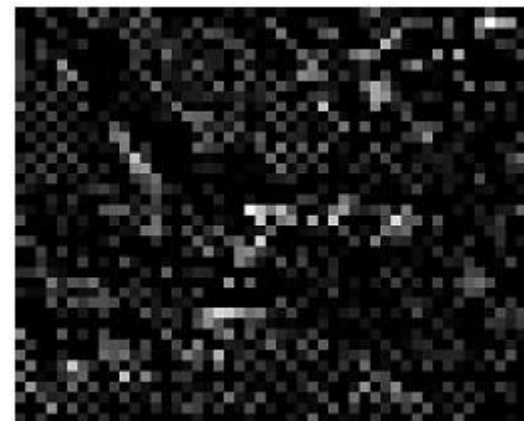
- **Hasil highpass filtering** adalah selisih antara citra asli dengan citra yang lain

$$g(m,n) = f(m,n) - \text{lowpass}(f(m,n))$$

- **Contoh hasil highpass filtering:**



-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1



Matriks hasil highpass

136	127	142	135	143	152	172	173	189	184
143	138	125	145	138	145	137	171	175	185
157	145	139	133	146	139	136	147	157	164
165	154	157	145	143	147	147	133	146	158
174	158	167	162	158	147	146	140	142	149
185	169	167	159	180	160	146	143	137	145
190	180	161	162	172	178	149	141	141	139
192	166	177	158	172	156	161	144	137	141
192	186	170	172	146	159	147	137	140	140
205	184	184	152	160	142	157	142	140	141

Matriks citra semula
Sampel 10x10 kiri atas

$$\begin{aligned}
 0 &= (-138 - 125 - 145 \\
 &\quad -145 + 8 \times 139 - 133 \\
 &\quad -154 - 157 - 145) \\
 &= -1142 + 1112 = -30
 \end{aligned}$$

2	0	62	0	0	14	101	6	78	0
5	0	0	59	0	0	0	82	30	26
46	0	0	0	33	0	0	0	0	0
36	0	53	0	0	14	41	0	0	0
37	0	65	20	21	0	5	0	0	0
60	0	18	0	142	4	0	2	0	0
61	33	0	0	51	128	0	0	1	0
48	0	61	0	73	0	77	0	0	0
14	18	0	57	0	31	0	0	0	3
94	0	66	0	22	0	81	0	0	11

Matriks citra hasil penapisan
Sampel 10x10 kiri atas