Solusi Ujian Tengah Semester IF4073 Interpretasi dan Pengolahan Citra
Semester 1 Tahun Akademik 2026/2027
Senin, 12 Oktober 2026
Waktu: 100 menit

A. Soal Pilihan Ganda

Tuliskan jawaban soal pilihan ganda di bawah ini pada lembar jawabanmu, hanya berupa huruf jawaban saja (A, B, C, D, E, dst). Setiap soal bernilai 3.

1. Sebuah citra berwarna dalam model RGB berukuran 1024 × 768 piksel. Setiap kanal warna menggunakan 8 bit/kanal. Ukuran citra dalam Kilobyte (1 KB = 1024 byte) adalah
   A. 768 KB B. 1258 KB C. 2304 KB D. 2568 KB E. 2780 KB
   F. Tidak ada jawaban yang benar

Jawaban: C
1028 x 768 x 3 byte = 2359269 byte = 2359629 : 1024 = 2304 KB

2. Dua citra digital diambil dari objek yang sama. Citra A berukuran 512 × 512 pixel, sedangkan citra B berukuran 1024 × 1024 pixel. Keduanya memiliki kedalaman 8 bit/pixel dan mencakup bidang fisik yang sama. Pernyataan yang paling tepat adalah ...
   A. Citra B pasti memiliki kontras lebih tinggi karena jumlah pixelnya lebih banyak.
   B. Citra B memiliki resolusi spasial lebih tinggi, tetapi tidak otomatis memiliki rentang intensitas yang lebih besar.
   C. Citra B memiliki resolusi keabuan dua kali lebih tinggi daripada citra A.
   D. Citra A pasti mengalami penurunan kualitas visual, sedangkan citra B tidak.
   E. Kedua citra pasti memiliki kualitas visual yang identik.

Jawaban: B

3. Operasi pemosesan citra yang termasuk ke dalam operasi aras titik adalah, KECUALI:
   A. Operasi negatif citra
   B. Transfomasi log
   C. Peregangan kontras
   D. Pelembutan citra (image smoothing)
   E. Mencerahkan citra (image brightening)
   F. Gray-level slicing
   G. Tidak ada jawaban yang benar

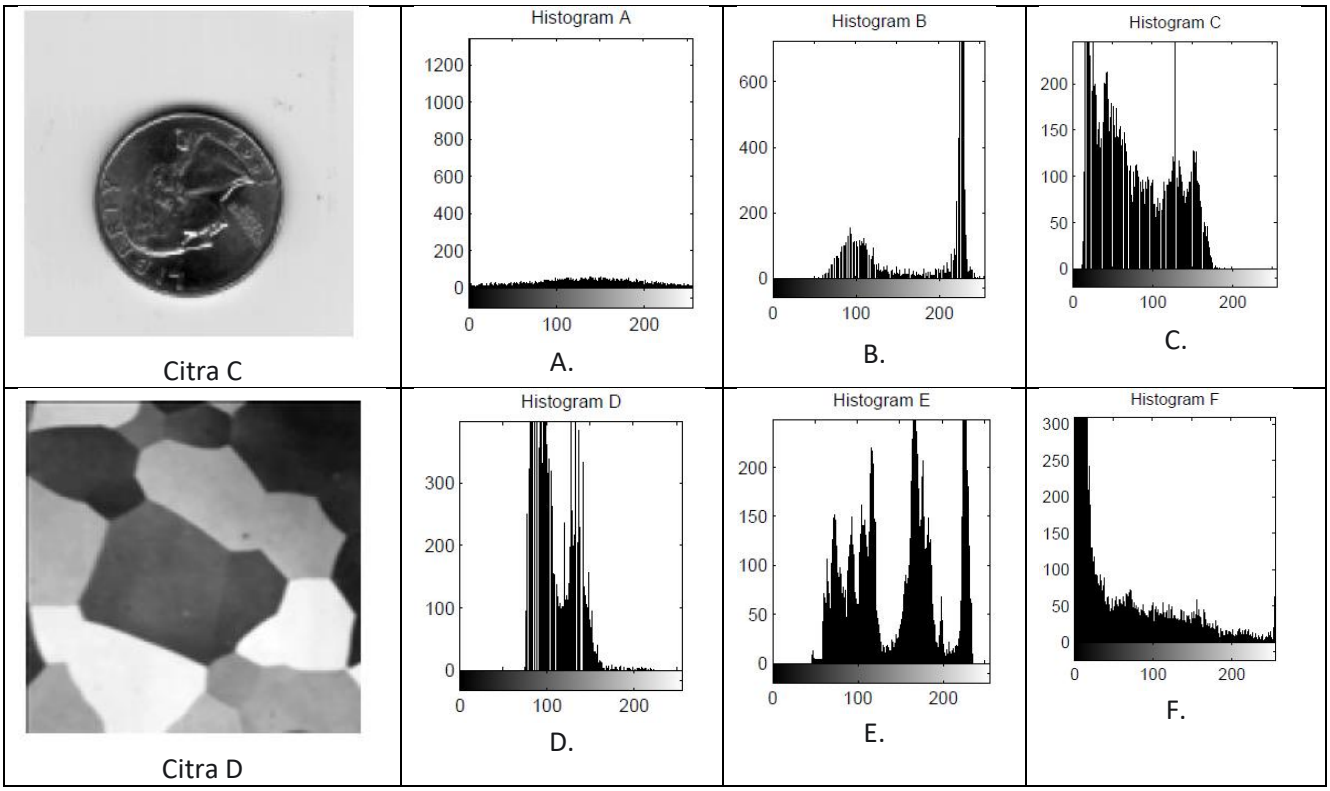
Jawaban: D

4. Sebuah citra homogen (semua pixel bernilai sama) ditapis (*filtering*) dengan mask penapis lolos-tinggi (*high pass filter*), kecuali pixel-pixel pinggir. Penapis lolos-tinggi tersebut jumlah semua koefisiennya = 0. contohnya [1, -2, 1, -2, 4, -2, 1, -2, 1]. Maka hasil konvolusinya menghasilkan:
   A. Semua pixel bernilai 0
   B. Semua pixel bernilai -1

C. Semua pixel bernilai 1
D. Semua pixel tidak berubah nilainya
E. Semua pixel bernilai 0 dan 1 selang-seling
F. Tidak ada jawaban yang benar

Jawaban: A. Tapi jika mengikuti contoh filter pada soal yang jumlahnya ternyata tidak 0, maka tidak ada jawaban yang benar (F)

5. Perhatikan citra C berikut. Histogram yang bersesuaian dengan citra C tersebut adalah:



Jawaban: B

6. (lanjutan soal nomor 5). Histogram yang bersesuaian dengan citra D adalah
   A. Histogram A B. Histogram B C. Histogram C
   D. Histogram D E. Histogram E D. Histogram F

Jawaban: E

7. Diberikan sinyal satu dimensi: $f(n) = \{1, -1, 1, -1\}$. Hasil FFT $F(k) = \sum_{n=0}^{3} f\,(n) e^{-j2\pi kn/4}$ untuk 4 titik adalah (k = 0, 1, 2, 3} (catatan: $e^{\pm ix} = \cos x \pm i \sin x$)
   A. {4, 0, 0, 0} B. {0, 4, 0, 0} C. {0, 0, 4, 0} D. {4, 0, 4, 0} E. {4, 4, 0, 0}

Jawaban: C
Untuk k=0: F(0)=1-1+1-1=0
Untuk k=1: $F(1) = 1 + (-1)e^{-j\pi/2} + e^{-j\pi} + (-1)e^{-j3\pi/2} = 1 + j - 1 - j = 0$
Untuk k=2: $F(2) = 1 + (-1)e^{-j\pi} + e^{-j2\pi} + (-1)e^{-j3\pi} = F(2) = 1 + 1 + 1 + 1 = 4$
Untuk k = 3: $F(3) = 0$
Jadi, F(k) = {0, 0, 4, 0}

8. Suatu citra asli mempunyai transformasi Fourier $F(u,v) = 100$. Pada suatu frekuensi tertentu, degradation function diketahui $H(u,v) = 0{,}5$ dan noise diabaikan. Hitung hasil inverse filtering pada proses restorasi citra jika G(u,v)=40 adalah:
   A. 80 B. 75 C. 200 D. 0.0125 E. 2.5 F. Semua jawaban salah

Jawaban: A

$$\hat{F}(u,v) = \frac{G(u,v)}{H(u,v)} = \frac{40}{0{,}5} = 80$$

9. Diberikan sebagian citra 8×8 berikut.

$$f = \begin{bmatrix} 10 & 12 & 15 & 20 & 25 & 30 & 32 & 35 \\ 11 & 13 & 16 & 21 & 27 & 31 & 34 & 36 \\ 12 & 14 & 18 & 23 & 29 & 33 & 36 & 38 \\ 15 & 17 & 20 & 25 & 31 & 35 & 39 & 41 \\ 18 & 20 & 23 & 28 & 34 & 38 & 42 & 44 \\ 20 & 22 & 25 & 30 & 36 & 40 & 44 & 46 \\ 23 & 25 & 28 & 33 & 39 & 43 & 47 & 49 \\ 25 & 27 & 30 & 35 & 41 & 45 & 49 & 51 \end{bmatrix}$$

Citra f dikonvolusi dengan penapis $H_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$. Hasil konvolusi pixel pada baris ke-4 kolom ke-4 dengan adalah:
A. 37 B. 28 C. 44
D. 36 E. 32 F. Semua jawaban salah

Jawaban: C

$\hat{f}(4,4)$ =(-1)(18) + (0)(23) + (1)(29) + (-2)(20) + (0)(25) + (2)(31) + (-1)(23) + (0)(28) + (1)(34) = 44

10. Sebuah citra 8×8 memiliki intensitas minimum 35 dan maksimum 220. Untuk meningkatkan kontras digunakan metode *contrast stretching*. Nilai pixel 120 setelah *contrast stretching* dipetakan ke nilai:
   A. 59 B. 129 C. 145 D. 131 E. 137 F. Semua jawaban salah

Jawaban: F

$$s = \frac{r - r_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}} \times 255$$
$$s = \frac{120 - 35}{220 - 35} \times 255$$
$$s \approx 117{,}16$$

11. Diberikan citra 8×8:

$$f = \begin{bmatrix} 20 & 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 & 27 \\ 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 & 27 & 28 \\ 22 & 23 & 255 & 25 & 26 & 27 & 28 & 29 \\ 23 & 24 & 25 & 26 & 27 & 28 & 29 & 30 \\ 24 & 25 & 26 & 27 & 28 & 29 & 30 & 31 \\ 25 & 26 & 27 & 28 & 29 & 30 & 31 & 32 \\ 26 & 27 & 28 & 29 & 30 & 31 & 32 & 33 \\ 27 & 28 & 29 & 30 & 31 & 32 & 33 & 34 \end{bmatrix}$$

Pada posisi baris 3 kolom 3 terdapat derau impuls bernilai 255. Setelah dilakukan **median filtering 3×3,** nilai piksel tersebut setelah *filtering* adalah:
A. 22 B. 23 C. 24
D. 25 E. Tidak ada yang benar

Jawaban: C

Window 3 x 3: $\begin{bmatrix} 22 & 23 & 24 \\ 23 & 255 & 25 \\ 24 & 25 & 26 \end{bmatrix}$

Urutkan: 22,23,23,24,24,25,25,26,255

Median adalah elemen ke-5: 24

12. Sebuah citra berukuran $M = N = 256$ diproses menggunakan FFT 2D. Setelah fftshift, pusat spektrum berada pada $(128, 128)$. Sebuah komponen frekuensi memiliki koordinat $(158, 108)$. Jika sebuah Ideal Low Pass Filter memiliki $D_0 = 25$, apakah komponen tersebut dilewatkan atau diblokir?
    A. Diblokir B. Dilewatkan C. Tidak dapat ditentukan

    Jawaban: A

    $D = \sqrt{(158-128)^2 + (108-128)^2} = \sqrt{30^2 + (-20)^2} = \sqrt{1300} \approx 36{,}06$

    Karena 36,06 > 25, sehingga **diblokir**.

13. Citra berukuran 256×256 diproses dengan FFT dan fftshift. Pusat spektrum berada pada koordinat (128,128). Sebuah komponen terletak pada (158,148). Jika digunakan *Ideal Low-Pass Filter* dengan $D_0 = 25$, nilai filter pada komponen tersebut adalah ...
    A. 0 B. 0,25 C. 0,5 D. 0,75 E. 1 F. Semua jawaban salah

Jawaban: A

$D = \sqrt{(158-128)^2 + (148-128)^2}$ = $\sqrt{30^2 + 20^2} = \sqrt{1300} \approx 36{,}06$

Rumus Ideal Low Pass Filter adalah:

$$H(u,v) = \begin{cases} 1, & D(u,v) \le D_0 \\ 0, & D(u,v) > D_0 \end{cases}$$

Karena $36{,}06 > 25$, komponen tersebut berada di luar frekuensi cutoff.
Jadi, nilai filter pada komponen tersebut adalah 0.

14. Sebuah citra mengandung derau periodik berupa garis-garis yang muncul berulang. Derau tersebut menghasilkan puncak-puncak terlokalisasi pada spektrum Fourier di luar pusat. Metode yang paling tepat untuk menargetkan derau tersebut adalah ...
    A. Menurunkan seluruh komponen frekuensi tinggi.
    B. Menggunakan *notch-reject filter* pada lokasi frekuensi derau dan pasangan simetrisnya.
    C. Menggunakan *ideal bandpass filter*.
    D. Menggunakan *gaussion high-pass filter*.
    E. Mengalikan seluruh spektrum dengan konstanta yang sama.

Jawaban: B
Derau periodik pada citra menghasilkan puncak-puncak terlokalisasi pada spektrum Fourier, di luar pusat spektrum. Untuk menghilangkan derau tersebut tanpa terlalu memengaruhi komponen frekuensi lainnya, digunakan *notch-reject filter*. Filter ini menolak komponen frekuensi pada lokasi puncak derau tertentu. Karena citra asli bernilai real, spektrum Fourier memiliki sifat simetri konjugat, sehingga puncak derau umumnya muncul berpasangan secara simetris terhadap pusat spektrum. Oleh karena itu, kedua lokasi tersebut perlu ditangani.

15. Sebuah citra mengalami *motion blur* akibat gerakan kamera dan juga mengandung derau. Fungsi degradasi $H(u,v)$diketahui, tetapi sebagian komponen frekuensinya memiliki magnitudo sangat kecil. Informasi statistik derau dan citra juga tersedia. Metode yang paling masuk akal untuk dipertimbangkan adalah ...
    A. *Inverse filtering* tanpa pembatasan karena fungsi degradasi diketahui.
    B. Histogram equalization saja karena dapat membalikkan blur.

C. *Wiener filtering* karena mempertimbangkan fungsi degradasi dan rasio spektrum daya derau terhadap citra.
D. Median filtering saja karena selalu membalikkan semua jenis blur.
E. Gaussian filtering .

Jawaban: C

16. Diberikan: $(R, G, B) = (50, 100, 200)$. Dalam skala 0–255, pasangan nilai *Intensity* HSI dan *Value* HSV adalah ...
A. $I = 50, V = 100$
B. $I = 100, V = 150$
C. $I = 116{,}67, V = 200$
D. $I = 150, V = 200$
E. $I = 200, V = 116{,}67$
F. Tidak ada jawaban yang benar

Jawaban: C

I = (R + G + B)/3 = (50 + 100 + 200)/3 = 116,67
V = Max(R, G, B) = Max(50, 100, 200) = 200

17. Sebuah sistem *computer visio*n harus melakukan segmentasi objek berdasarkan warna, tetapi pencahayaan objek dapat berubah. Pengembang ingin menggunakan ruang warna yang memisahkan informasi warna dari komponen yang berkaitan dengan tingkat kecerahan. Pilihan yang paling masuk akal adalah ...
A. RGB karena ketiga komponennya selalu independen terhadap pencahayaan.
B. CMY karena merupakan model subtractive.
C. HSV atau HSI karena keduanya memisahkan informasi hue dari komponen brightness/intensity/value.
D. XYZ karena tidak memiliki komponen yang berhubungan dengan brightness.
E. CMYK karena memiliki empat kanal sehingga pasti lebih tahan terhadap perubahan pencahayaan.

Jawaban: C

18. Sebuah citra mengandung derau *salt-and-pepper* yang cukup kuat, tetapi batas objek perlu dipertahankan. Pilihan metode awal yang paling sesuai adalah ...
A. Mean filter 3×3.
B. Median filter 3×3.
C. Gaussian filter 3 x 3
D. Ideal Low Pass Filter.
E. Histogram equalization.

Jawaban: B

19. Sebuah citra 8-bit memiliki nilai keabuan yang terdistribusi *uniform* dalam rentang nilai 160 sampai 220. Operasi citra negatif menghasilkan citra dengan nilai keabuan:
A. 60 sampai 80, citra menjadi lebih gelap
B. 60 sampai 80, citra menjadi lebih terang
C. 35 sampai 95, citra menjadi lebih gelap
D. 35 sampai 95, citra menjadi lebih terang

E. Tidak ada jawaban yang benar

Jawaban: C

Rentang nilai keabuan citra negatif adalah 255 – 220 sampai 255 – 160 atau 35 sampai 95, citra menjadi lebih gelap karena nilai-nilainya lebih condong kea rah 0.

20. Diberikan citra masukan sebagai berikut. Citra tersebut dikonvolusi dengan penapis *geometric mean filter* berukuran 3x3, maka pixel yang diarsir (bernilai 12) berubah menjadi (pembulatan ke integer terdekat):

1	1	2	5	6	3	6	7	3
2	3	4	12	7	5	1	8	4
8	7	6	5	7	6	3	3	4
2	3	5	6	7	8	2	7	3
4	5	3	2	1	6	8	7	2
1	4	5	3	2	6	7	8	1
2	3	4	5	6	8	9	2	1

A. Tetap 12
B. 3
C. 4
D. 5
E. 6
F. 7
G. Tidak ada jawaban yang benar

Jawaban: E

$$g(x,y) = (2 \times 5 \times 6 \times 4 \times 12 \times 7 \times 6 \times 5 \times 7)^{1/9} = (7056000)^{1/9} \approx 5{,}89 \approx 6$$

B. Soal Essay
Jawablah soal ini pada lembar jawaban anda.

1. Diberikan citra berukuran 5 x 5 dengan 10 nilai keabuan (0-9) sebagai berikut:

2	2	3	9	9
2	2	3	9	9
3	3	3	9	9
9	9	9	9	9
9	9	9	9	8

(a) Gambarkan histogram citra tersebut
(b) Lakukan perataan histogram (*histogram equalization*) pada citra tersebut
(c) Tuliskan kembali citra hasil perataan histogram (dalam bentuk matriks) dan histogramnya

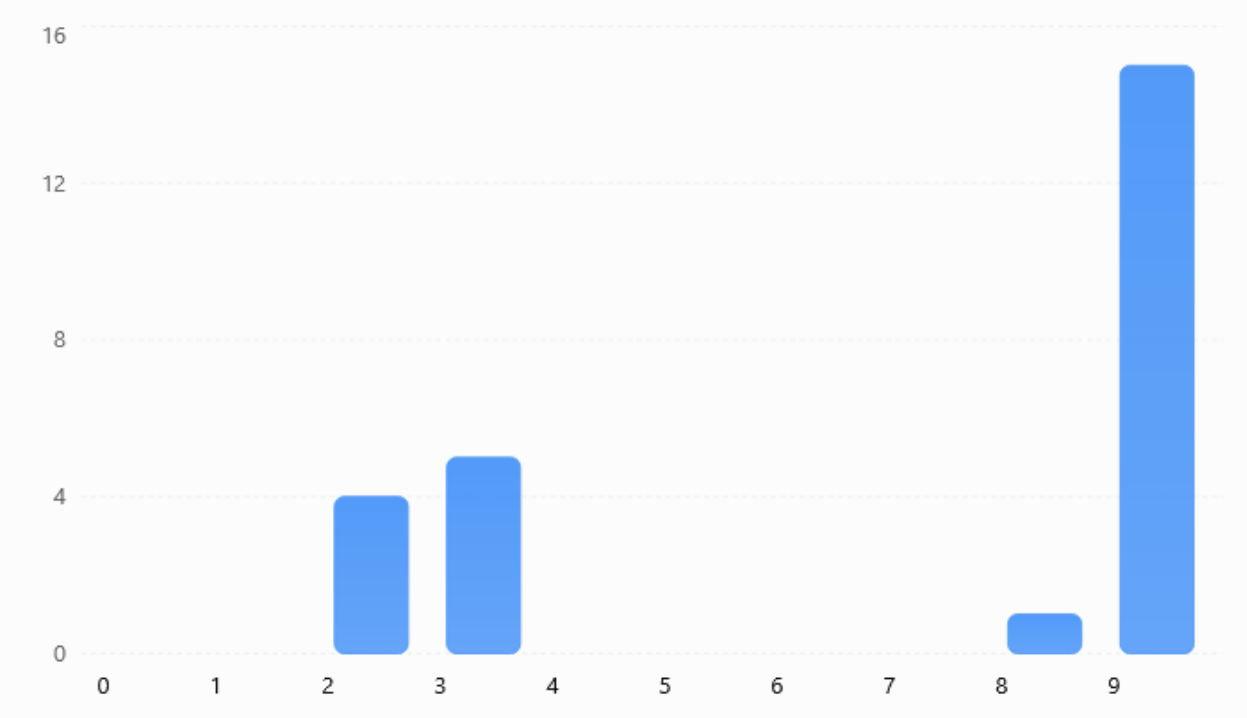
(**Nilai = 15)**

Jawaban:

(a) Gambarkan histogram citra:

Tingkat keabuan	Frekuensi	Probabilitas
0	0	0
1	0	0
2	4	0,16
3	5	0,20
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	1	0,04
9	15	0,60
Total	25	1,00

Histogram:



(b) Lakukan perataan histogram:

k	Frekuensi	Probabilitas	CDF	$9 \times CDF$	s_k
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
2	4	0,16	0,16	1,44	1
3	5	0,20	0,36	3,24	3
4	0	0	0,36	3,24	3
5	0	0	0,36	3,24	3
6	0	0	0,36	3,24	3
7	0	0	0,36	3,24	3
8	1	0,04	0,40	3,60	4
9	15	0,60	1,00	9,00	9

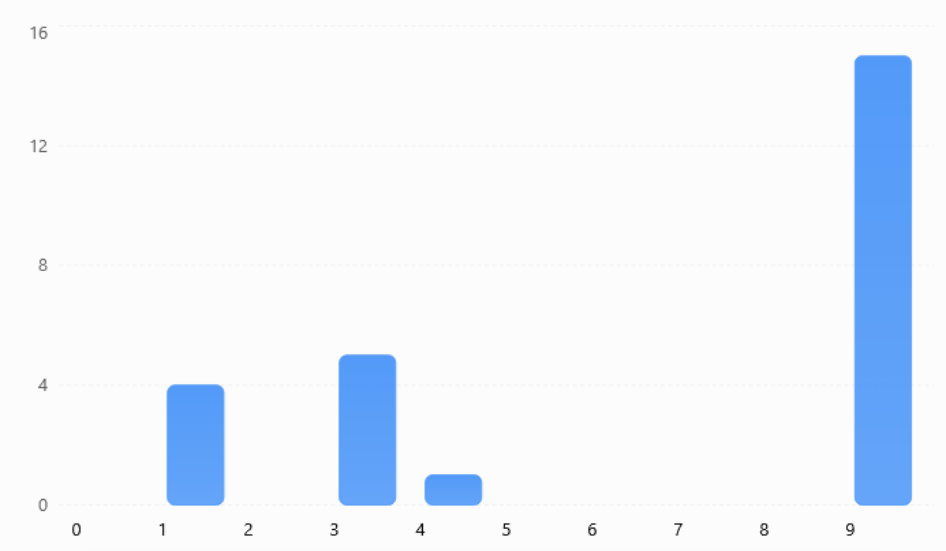
Citra sebelum perataan histogram:

$$I = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 3 & 9 & 9 \\ 2 & 2 & 3 & 9 & 9 \\ 3 & 3 & 3 & 9 & 9 \\ 9 & 9 & 9 & 9 & 9 \\ 9 & 9 & 9 & 9 & 9 \end{bmatrix}$$

Citra setelah perataan histogram:

$$I' = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 9 & 9 \\ 1 & 1 & 3 & 9 & 9 \\ 3 & 3 & 3 & 9 & 9 \\ 9 & 9 & 9 & 9 & 9 \\ 9 & 9 & 9 & 9 & 4 \end{bmatrix}$$

Histogram citra setelah perataan:



2. Diberikan sebuah citra *grayscale* berukuran **5 × 5**: **(Nilai = 2 + 5 + 5 + 2)**

$$f = \begin{bmatrix} 20 & 21 & 22 & 23 & 24 \\ 21 & 22 & 23 & 255 & 25 \\ 22 & 23 & 24 & 25 & 26 \\ 23 & 0 & 25 & 255 & 27 \\ 24 & 25 & 26 & 27 & 28 \end{bmatrix}$$

Citra tersebut mengandung tiga *pixel* yang terkena derau *salt and pepper*, yaitu 0 dan dua buah pixel 255. Derau akan dibersihkan dengan melakukan konvolusi menggunakan dua filter beruukuran 3 x 3.

(a) Berapa ukuran citra hasil konvolusi?
(b) Lakukan pengurangan derau dengan *mean filter* berukuran 3 x 3, tuliskan citra hasil konvolusinya
(c) Lakukan pengurangan derau dengan *median filter* berukuran 3 x 3, tuliskan citra hasil konvolusi
(d) Berdasarkan hasil pada nomor (b) dan (c), tentukan filter mana yang lebih efektif untuk menghilangkan *salt-and-pepper noise*. Jelaskan alasan Anda berdasarkan hasil numeriknya.

Jawaban:

(a) 3 x 3
(b) Mean filter mengganti setiap piksel keluaran dengan rata-rata aritmetika dari sembilan piksel pada jendela 3 x 3.

Kernel mean filter adalah: $H = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

Hasil konvolusi:

$$\begin{bmatrix} 22 & 48{,}67 & 49{,}67 \\ 20{,}33 & 72{,}44 & 76{,}11 \\ 21{,}33 & 47{,}78 & 51{,}44 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 22 & 49 & 50 \\ 20 & 72 & 76 \\ 21 & 48 & 51 \end{bmatrix}$$

(c) Hasil konvolusi dengan median filter:

$$\begin{bmatrix} 22 & 23 & 24 \\ 23 & 24 & 25 \\ 24 & 25 & 26 \end{bmatrix}$$

(d) Berdasarkan hasil numerik, median filter lebih efektif untuk menghilangkan salt-and-pepper noise pada citra ini. Alasannya:

1. Mean filter dipengaruhi nilai ekstrem. Nilai 255 dan 0 ikut dijumlahkan dalam perhitungan rata-rata. Akibatnya, nilai keluaran menjadi menyimpang dari pola intensitas citra.

Contohnya, keluaran baris kedua kolom kedua mencapai sekitar 72,44, padahal nilai-nilai citra di sekitarnya umumnya berada pada kisaran 22–27.

2. Median filter lebih tahan terhadap derau impuls. Nilai 0 dan 255 tidak terlalu memengaruhi median selama nilai-nilai normal masih mendominasi jendela. Hasilnya mengikuti pola intensitas citra yang meningkat secara bertahap.

3. Sebuah citra berukuran 10×10 memiliki spektrum Fourier dengan pusat setelah `fftshift` pada posisi$(5, 5)$. Diketahui tiga komponen frekuensi: $A = (6, 7)$, $B = (8, 8)$, $C = (3, 4)$, dan $D = (5, 9)$. Sebuah *Ideal High Pass Filter* digunakan dengan cutoff $D_0 = 3$. Tentukan komponen mana yang dilewatkan dan mana yang diblokir.

(Nilai = 10)

Jawaban:
Pada *Ideal High Pass Filter* (IHPF), komponen frekuensi dilewatkan jika jaraknya dari pusat spektrum lebih besar atau sama dengan cutoff D_0, sedangkan komponen dengan jarak lebih kecil dari D_0 diblokir.

Rumus jarak frekuensi dari pusat spektrum:

$$D(u, v) = \sqrt{(u - u_c)^2 + (v - v_c)^2}$$

1. Komponen A = (6, 7)

$$D_A = \sqrt{(6 - 5)^2 + (7 - 5)^2} = \sqrt{5} \approx 2{,}24$$

Karena 2,24 < 3, maka A diblokir.

2. Komponen B = (8, 8)

$$D_B = \sqrt{(8 - 5)^2 + (8 - 5)^2} = \sqrt{18} \approx 4{,}24$$

Karena 4,24 > 3, maka B dilewatkan.

3. Komponen C = (3, 4)

$$D_C = \sqrt{(3 - 5)^2 + (4 - 5)^2} = \sqrt{5} \approx 2{,}24$$

Karena 2,24 < 3, maka C diblokir.

4. Komponen D = (5, 9)

$$D_D = \sqrt{(5 - 5)^2 + (9 - 5)^2} = \sqrt{16} = 4$$

Karena 4 > 3, maka D dilewatkan.

Kesimpulan:
Komponen yang dilewatkan: A, B, dan D
Komponen yang diblokir: C