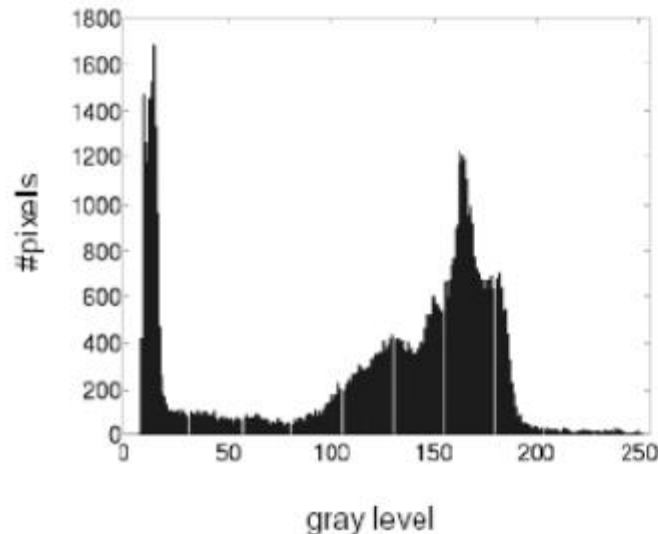


Histogram Citra

Histogram

- Histogram citra merupakan informasi yang penting mengenai isi citra digital.
- Manfaat dari histogram adalah sebagai indikasi visual untuk menentukan skala keabuan yang tepat sehingga diperoleh kualitas citra yang diinginkan
- Histogram citra adalah grafik yang menggambarkan penyebaran nilai-nilai intensitas pixel dari suatu citra atau bagian tertentu di dalam citra.



Camerman
image

- Dari sebuah histogram dapat diketahui frekuensi kemunculan relative dari intensitas pada citra tersebut.
- Histogram dapat menunjukkan banyak hal tentang kecerahan (brightness) dan kontras (contrast) dari sebuah gambar.

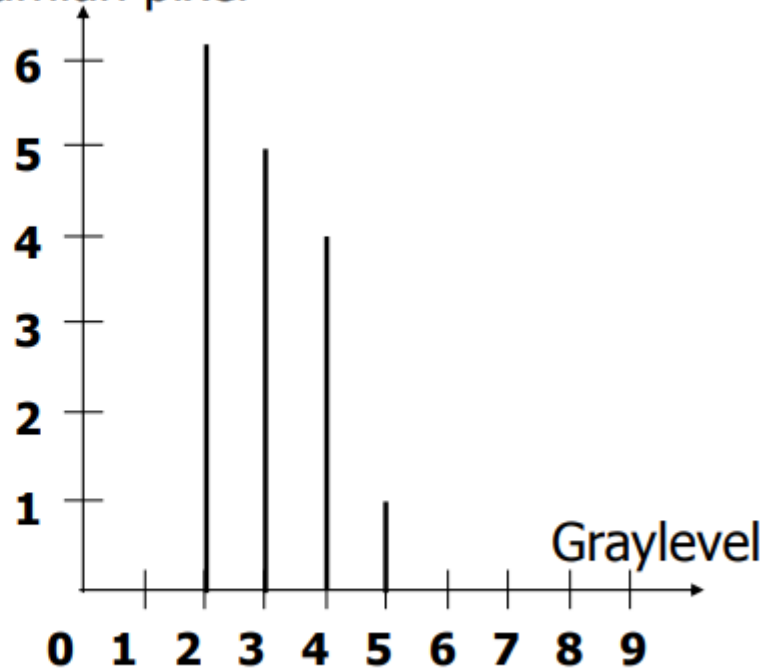
COntoh

2	3	3	2
4	2	4	3
3	2	3	5
2	4	2	4

4x4 image

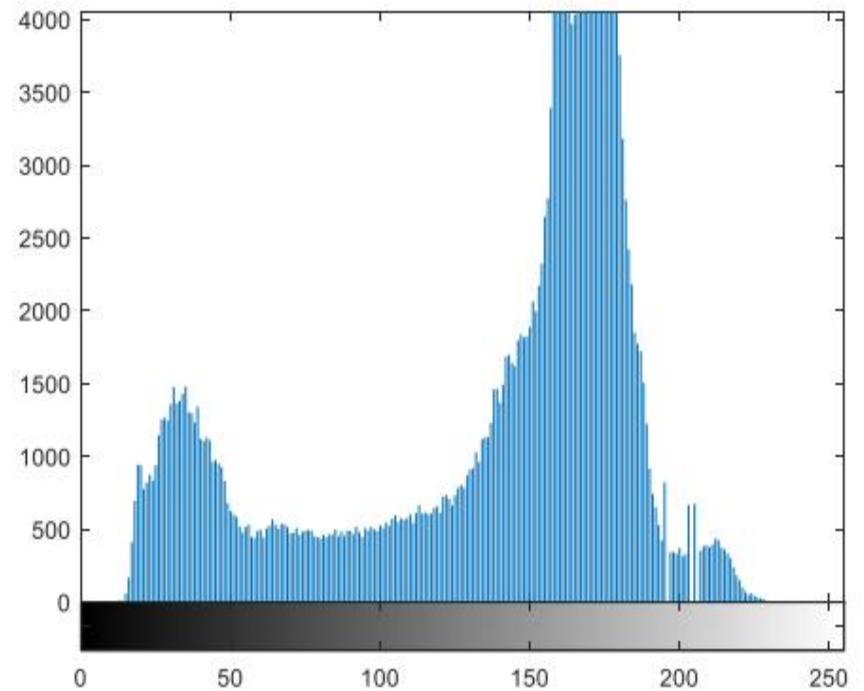
Grayscale = [0,9]

Jumlah pixel

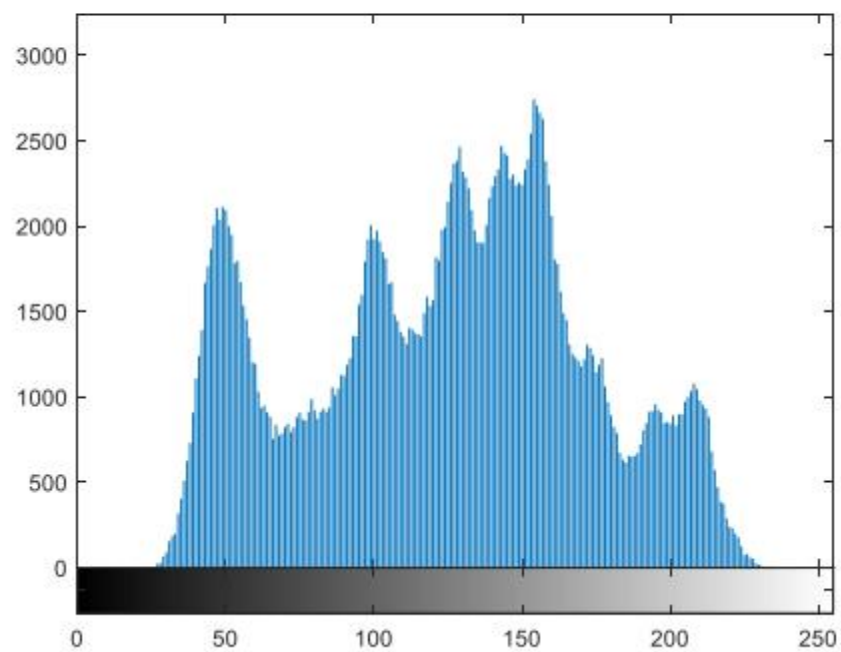


histogram

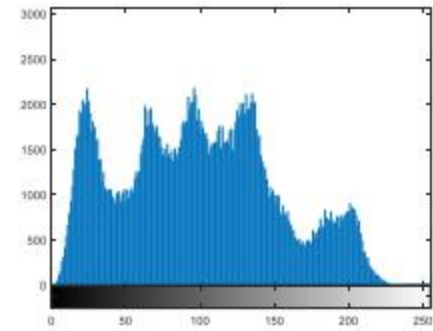
```
>> I = imread('boat.bmp');  
>> imhist(I)
```



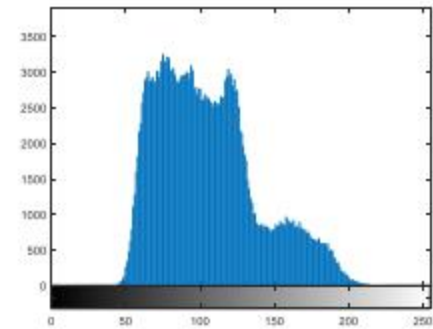
Citra Lena (*grayscale*):



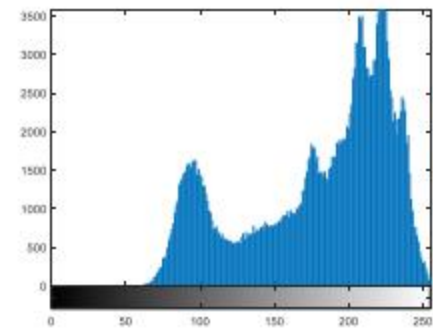
Citra Lena (*color*):



Red



Green



Blue

- Histogram tidak mencerminkan susunan posisi warna piksel di dalam citra
- histogram tidak dapat dipakai untuk menebak bentuk objek yang terkandung di dalam citra
- histogram tidak memberikan petunjuk apapun tentang bentuk yang terkandung dalam sebuah citra



(a)



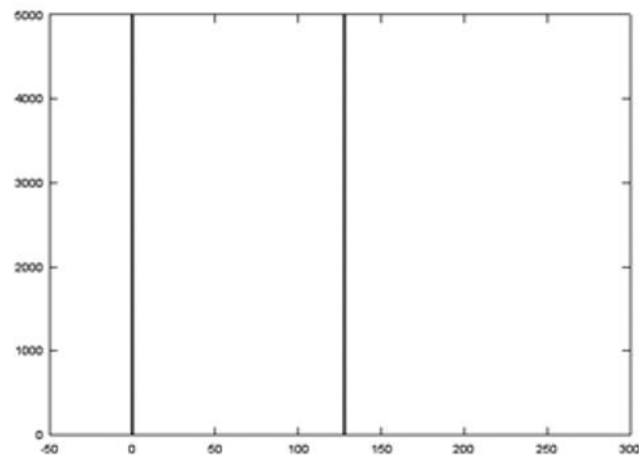
(b)



(c)



(d)



(e)

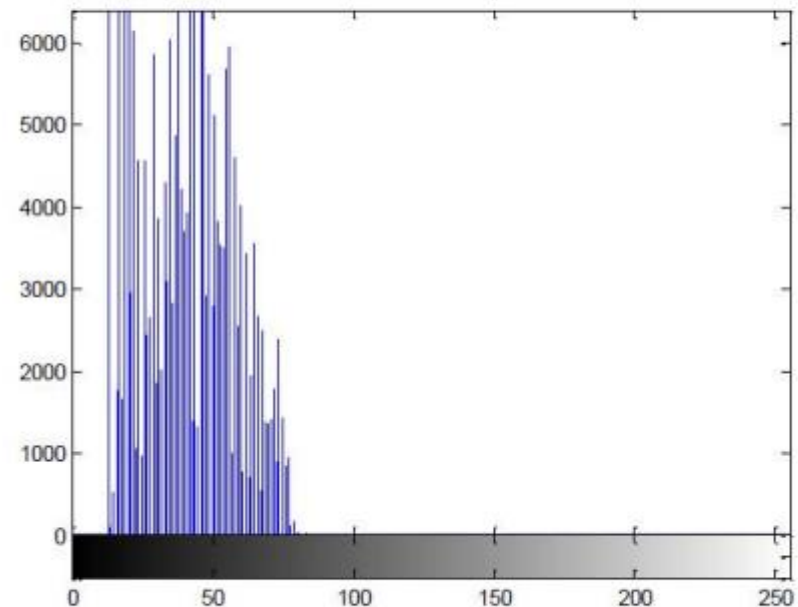
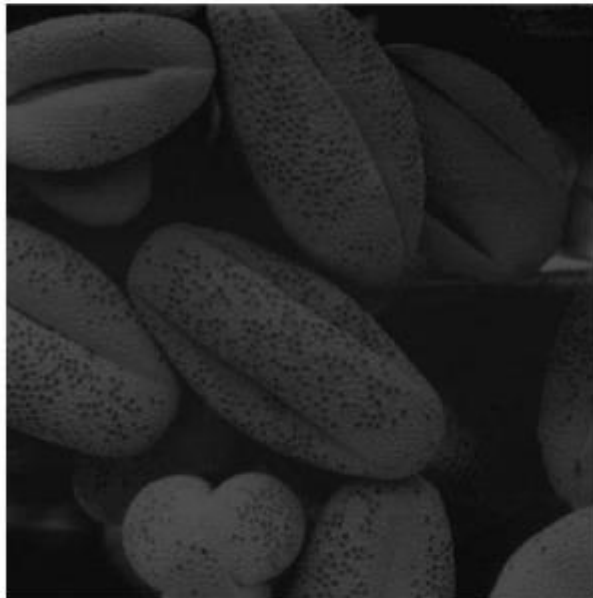
Puncak histogram menunjukkan intensitas *pixel* yang menonjol. Lebar dari puncak menunjukkan rentang kontras dari gambar.

Citra yang mempunyai kontras terlalu terang (*overexposed*) atau terlalu gelap (*underexposed*) memiliki histogram yang sempit. Histogramnya terlihat hanya menggunakan setengah dari daerah derajat keabuan.

Citra yang baik memiliki histogram yang mengisi daerah derajat keabuan secara penuh dengan distribusi yang merata pada setiap nilai intensitas *pixel*

Citra gelap

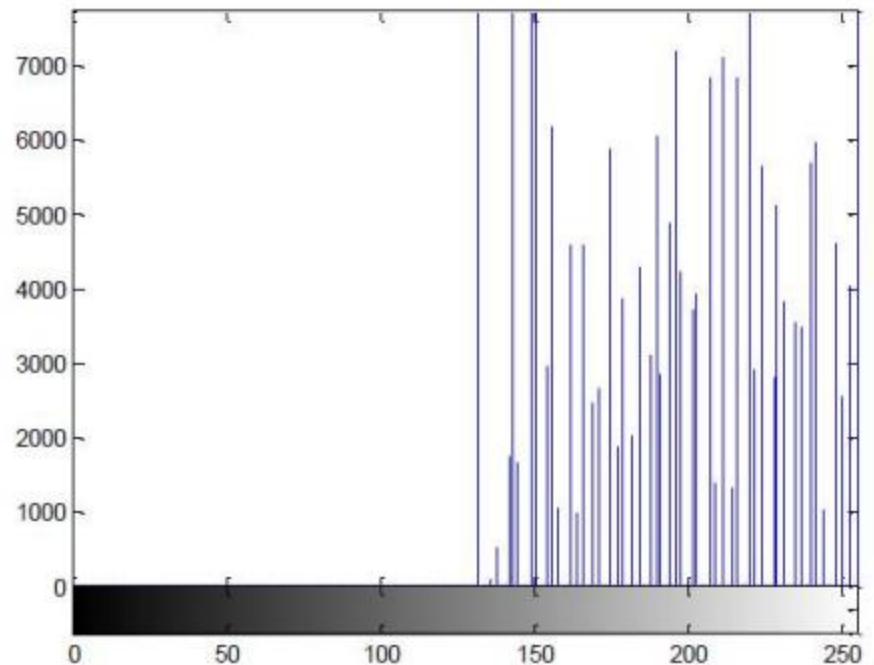
Komponen histogram terkonsentrasi pada nilai-nilai *grayscale* yang rendah (menumpuk pada sisi histogram sebelah kiri)



Sumber: **Image Processing By Dr. Jagadish Nayak** ,BITS Pilani, Dubai Campus

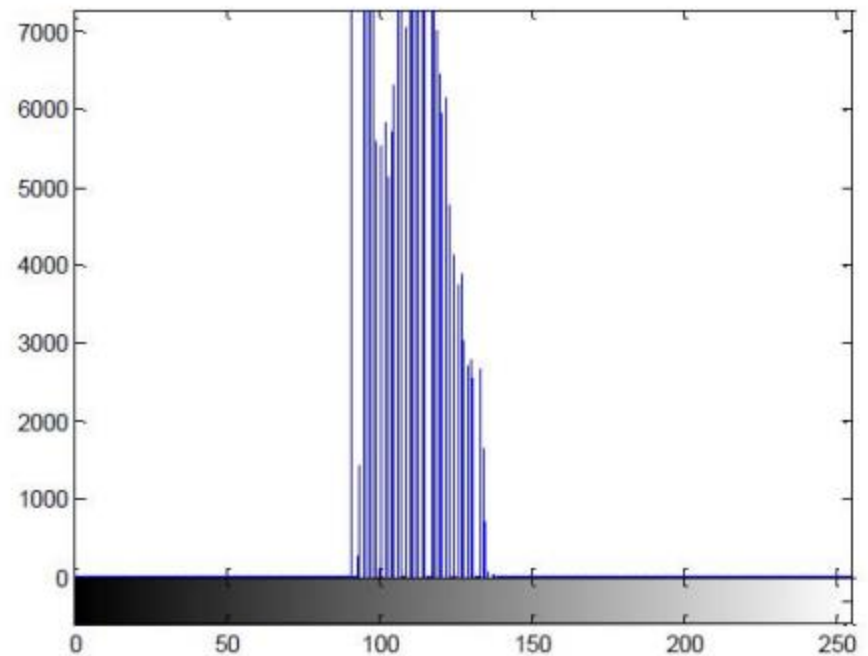
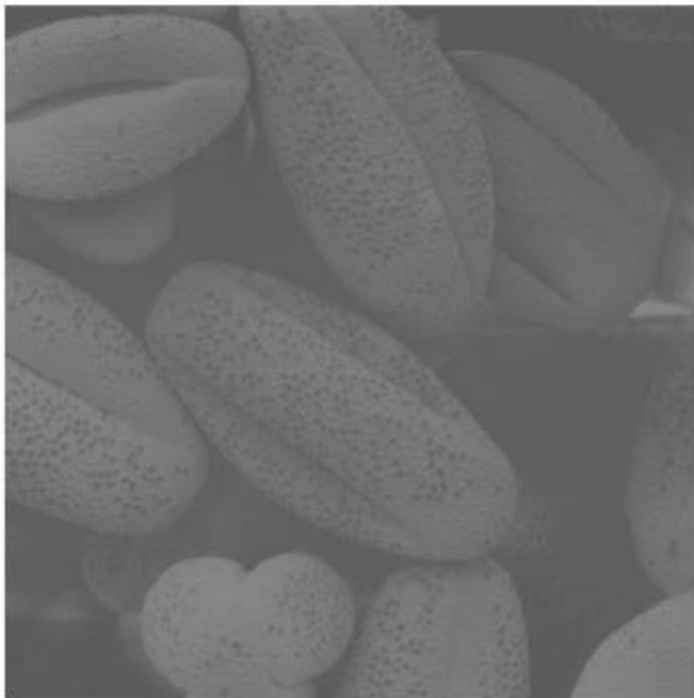
Citra terang

Komponen histogram terkonsentrasi pada nilai-nilai *grayscale* yang tinggi (menumpuk pada sisi histogram sebelah kanan)



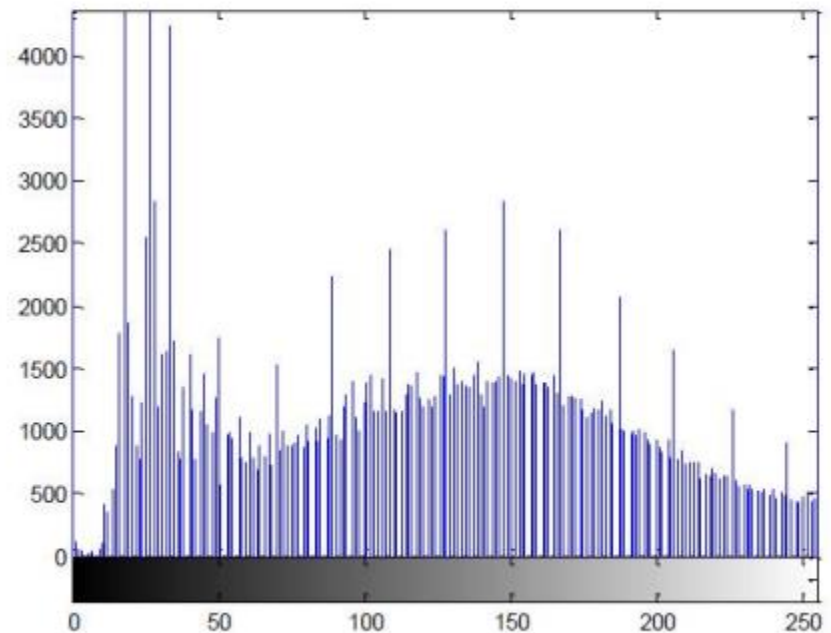
Citra kontras-rendah

Histogramnya sempit dan terpusat di pertengahan nilai-nilai *grayscale*

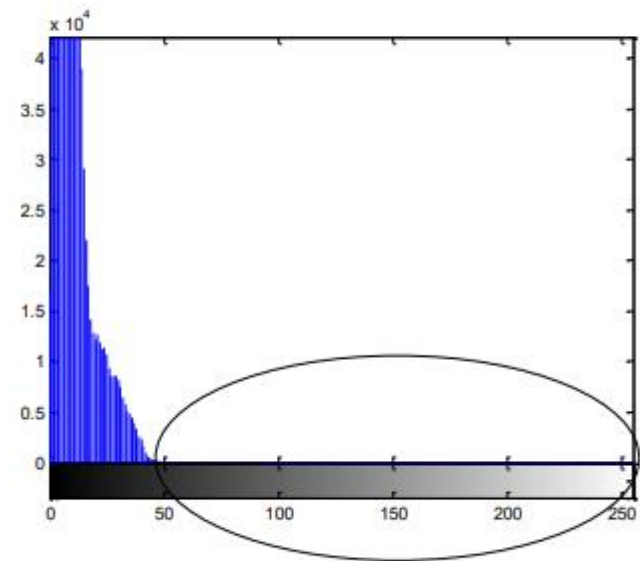


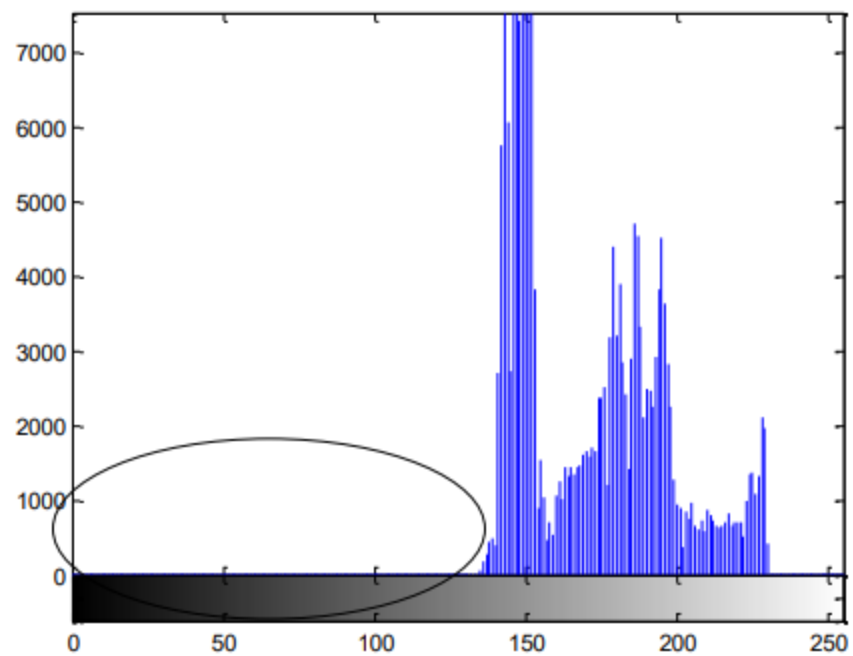
Citra kontras-tinggi

Histogramnya tersebar merata di seluruh nilai-nilai *grayscale* dan distribusi *pixel-pixel* tidak terlalu jauh dari *uniform*, dan garis-garis vertikal tidak banyak yang lebih tinggi dari garis yang lain



Contoh lain:





Histogram Normalisasi

- Dilakukan agar tampilan histogram pada layar tidak terlalu lebar, dikarenakan jumlah piksel pada citra sangat besar (hingga ribuan piksel).
- Histogram normalisasi akan membantu proses pengolahan citra, karena range nilai histogramnya ada pada selang tertentu sehingga tdk terlalu divergen.
- Misalkan citra digital memiliki L derajat keabuan, yaitu dari nilai 0 sampai $L - 1$.
- Normalisasi histogram dihitung dengan rumus:

$$h_i = \frac{n_i}{n}$$

n_i = jumlah *pixel* yang memiliki derajat keabuan i

n = jumlah seluruh *pixel* di dalam citra

$i = 0, 1, \dots, L - 1$

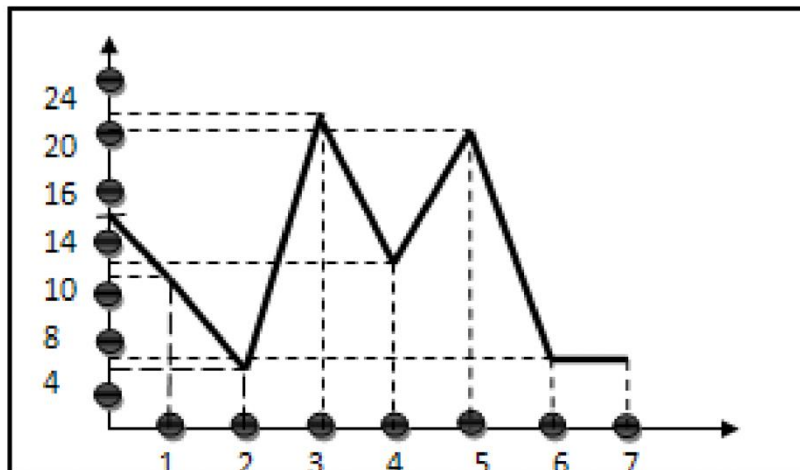
Misal diketahui sebuah gambar dengan ukuran 10 x 10 piksel

1	1	1	2	3	3	3	3	3	7
0	0	0	0	0	0	0	7	7	2
1	2	4	4	4	5	5	5	1	0
6	3	3	3	3	4	5	5	4	0
6	3	4	5	5	5	5	5	1	0
6	3	4	5	5	5	5	5	4	0
6	3	3	3	3	4	5	5	1	0
1	2	4	4	4	5	5	5	4	2
0	0	0	6	6	6	7	7	7	3
1	1	1	2	3	3	3	3	3	7

Langkah 1: Buatlah tabel frekuensi dari kemunculan setiap warna.

Warna (x)	0	1	2	3	4	5	6	7
Jumlah (y)	15	11	6	21	13	20	7	7

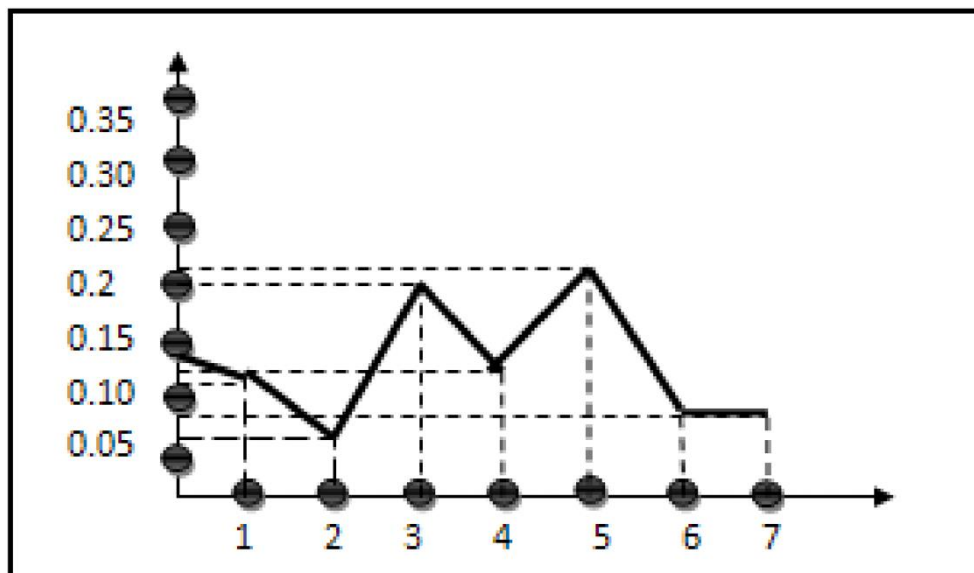
Langkah 2: Gambarlah histogramnya dalam koordinat kartesian pada sumbu x dan y.

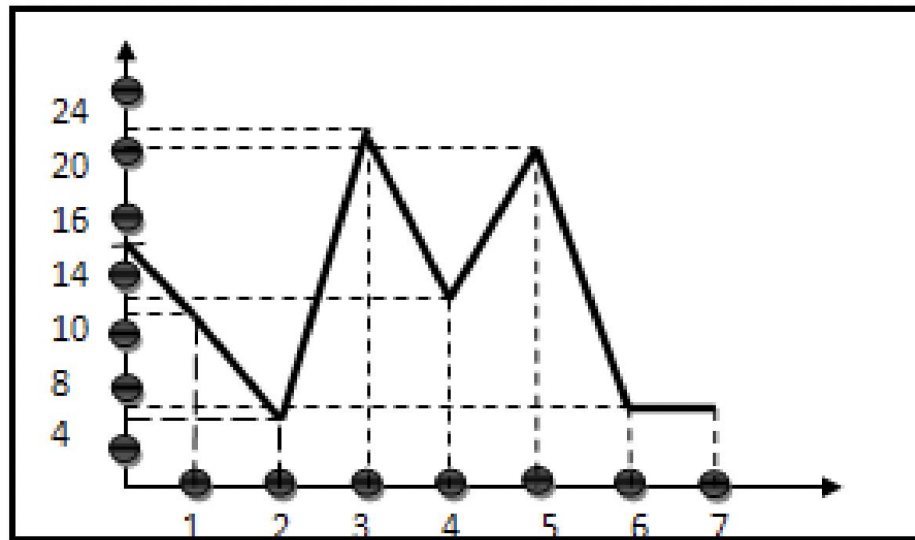


Penyelesaian Normalisasi Histogram:

1. Tentukan Jumlah seluruh piksel (N) Dari citra sebelumnya, $N = 10 \times 10 = 100$ piksel
2. Buatlah tabel frekuensinya seperti dibawah ini. Nilai y diubah menjadi y/N .

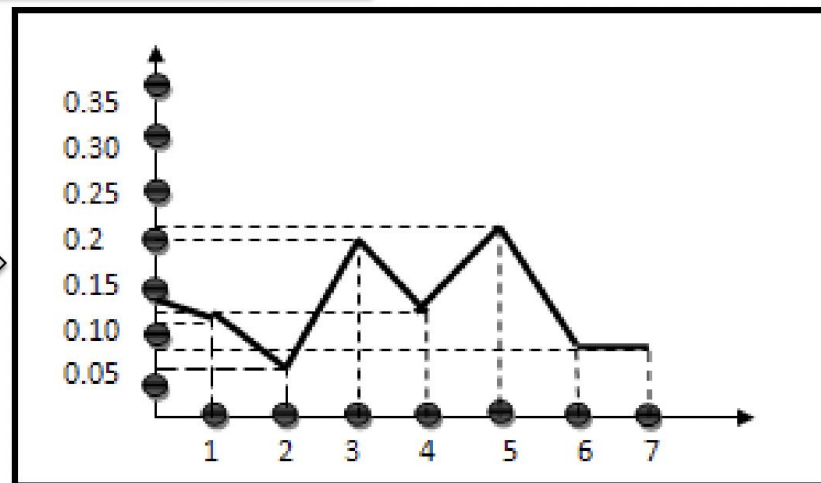
Warna (x)	0	1	2	3	4	5	6	7
Jumlah (y)	15	11	6	21	13	20	7	7
y/N	0.15	0.11	0.06	0.21	0.13	0.20	0.07	0.07



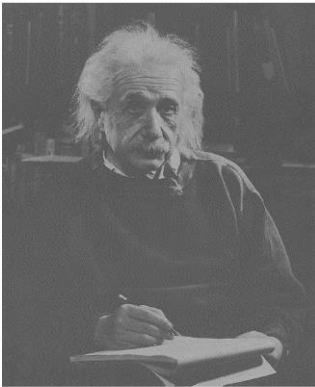


Sebelum Normalisasi

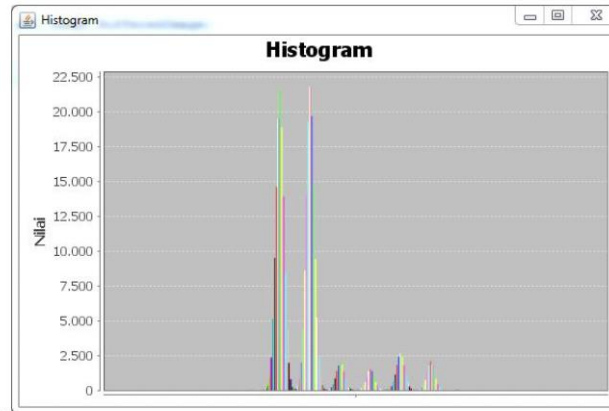
Sesudah Normalisasi



gambar asli

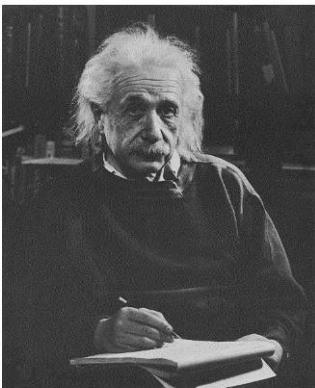


dengan histogram

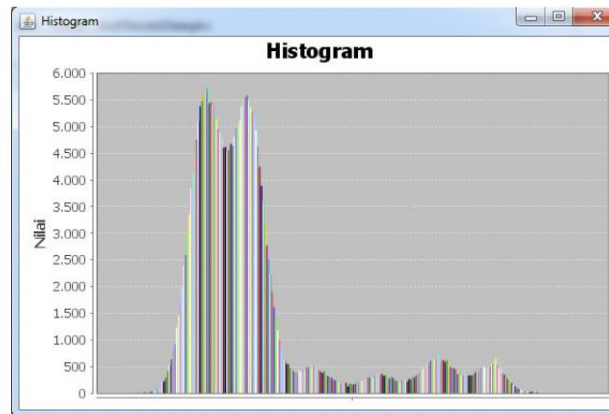


Tujuan dari normalisasi adalah untuk menggunakan seluruh range nilai grayscale sehingga diperoleh gambar yang lebih tajam.

dari gambar di atas terlihat bahwa nilai graylevel terkonsentrasi di tengah dan setelah dilakukan normalisasi, hasilnya sebagai berikut.



dengan histogram



Enhancement dengan Histogram

- Histogram Stretching (Contrast Stretching) → teknik untuk memperluas jangkauan intensitas piksel dalam citra. Tujuan untuk memperbaiki citra yang memiliki kontras yang rendah dengan mengubah rentang intensitas piksel dalam citra sehingga mencakup seluruh skala intensitas yang tersedia.
- Histogram Equalization → teknik untuk meratakan distribusi intensitas piksel dalam citra. Tujuan untuk meningkatkan kontras dan membuat citra memiliki distribusi intensitas yang lebih merata. Teknik ini memetakan histogram citra ke histogram yang lebih merata.

1. Histogram Stretching

- Perengangan kontras (contrast stretching) → salah satu cara untuk memperbaiki kualitas citra melalui operasi titik.
- Nilai intensitas baru pada koordinat (x,y) yaitu baru(x,y) diperoleh dari hasil perengangan kontras. Dengan lama(x,y) adalah intensitas piksel yang diproses, rmin adalah nilai intensitas paling rendah, dan rmax adalah nilai intensitas paling tinggi yang dimiliki citra

$$\text{baru}(x, y) = \frac{\text{lama}(x, y) - r_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}} \times 255$$

Misalkan terdapat citra dengan nilai intensitas piksel antara 50 hingga 100.

Citra sebelum histogram stretching

50 60 70 80 90 100

Piksel pertama: $r = 50$

$$s = \frac{50 - 50}{100 - 50} \times 255$$

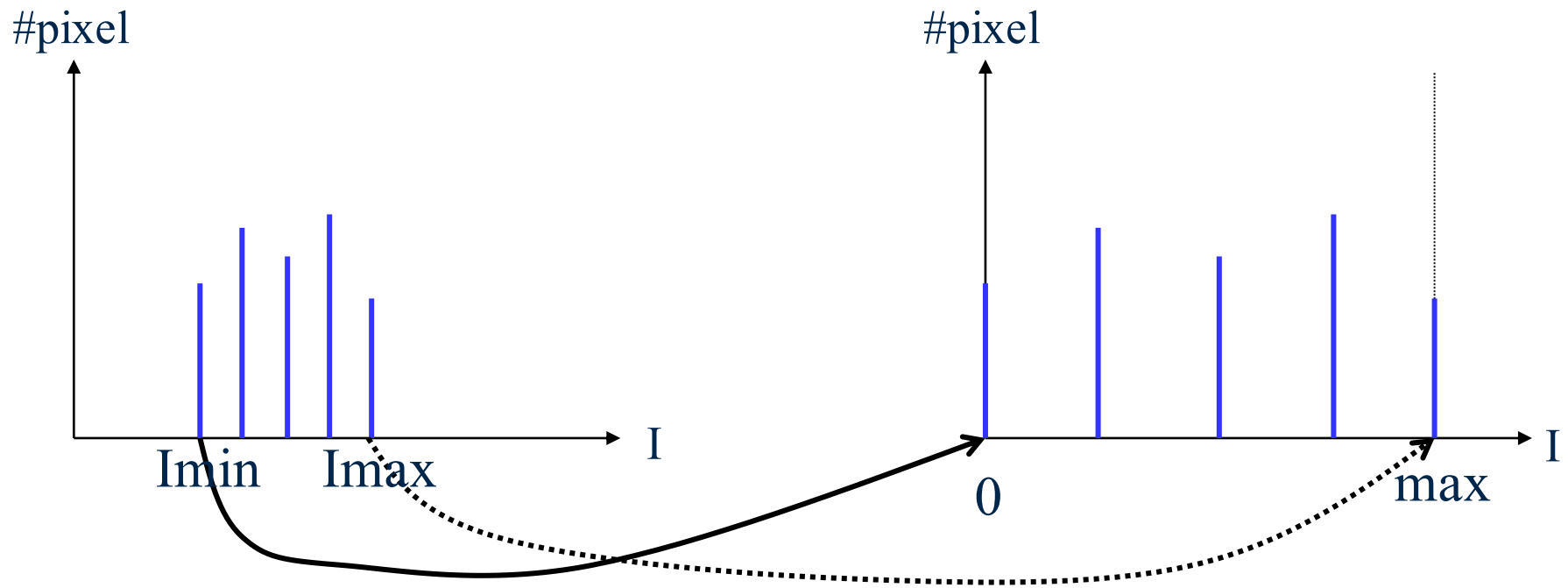
Citra hasil stretching

0 51 102 153 204 255

Sebelum stretching, intensitas citra hanya berada pada rentang 50–100 sehingga rentang kontrasnya sempit. Setelah stretching, intensitas diperluas menjadi 0–255.

Dengan demikian, perbedaan antara piksel yang lebih gelap dan lebih terang menjadi lebih jelas, sehingga kontras citra meningkat.

Histogram Stretching



Histogram Stretching: Example

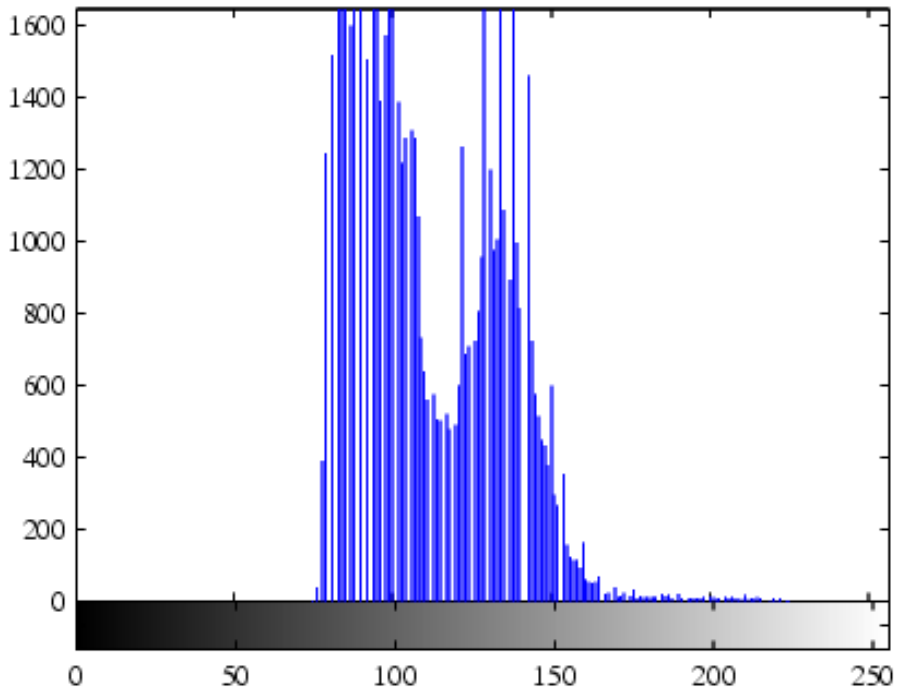


original

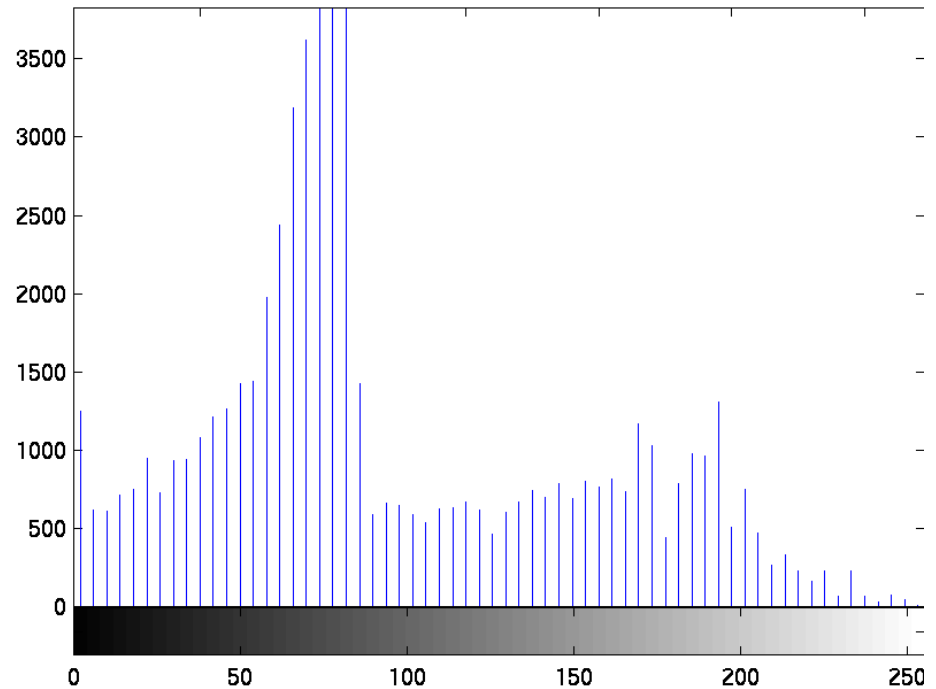


output

Histogram Stretching



Before



After

2. Histogram Equalization

- proses perataan histogram, dimana distribusi nilai derajat keabuan pada suatu citra dibuat rata.
- Untuk dapat melakukan histogram equalization ini diperlukan suatu fungsi distribusi kumulatif yang merupakan kumulatif dari histogram.
- Dengan histogram equalization hasil gambar yang memiliki histogram yang tidak merata yang banyak loncatan gradiasinya akan menjadi gambar yang lebih jelas karena derajat keabuannya tidak dominan gelap atau dominan terang

Histogram equalization

- C_i = distribusi kumulatif dari nilai skala keabuan ke $-i$ dari citra asli
 $round$ = fungsi pembulatan ke bilangan yang terdekat
 K_o = nilai keabuan hasil histogram equalization
 w = lebar citra
 h = tinggi citra

$$K_o = round \left(\frac{C_i \cdot (2^k - 1)}{w \cdot h} \right)$$

Hitung Histeq

(i,j)	0	1	2	3	4	5	6	7
0	29	40	44	39	111	116	81	108
1	40	44	62	90	111	111	108	58
2	186	132	132	154	154	154	150	229
3	136	184	175	155	171	171	171	148
4	254	133	133	136	154	151	151	157
5	140	133	133	131	136	138	149	149
6	115	128	133	136	136	136	138	117
7	122	128	138	143	133	119	139	128

Skala Keabuan	Frek	Distribusi Kumulatif	Skala Keabuan	Frek	Distribusi Kumulatif
29	1	1	133	6	$26 + 6 = 32$
39	1	$1 + 1 = 2$	136	6	$32 + 6 = 38$
40	2	$2 + 2 = 4$	138	3	$38 + 3 = 41$
44	2	$4 + 2 = 6$	139	1	$41 + 1 = 42$
58	1	$6 + 1 = 7$	140	1	$42 + 1 = 43$
62	1	$7 + 1 = 8$	143	1	$43 + 1 = 44$
81	1	$8 + 1 = 9$	148	1	$44 + 1 = 45$
90	1	$9 + 1 = 10$	149	2	$45 + 2 = 47$
108	2	$10 + 2 = 12$	150	1	$47 + 1 = 48$
111	3	$12 + 3 = 15$	151	2	$48 + 2 = 50$
115	1	$15 + 1 = 16$	154	4	$50 + 4 = 54$
116	1	$16 + 1 = 17$	155	1	$54 + 1 = 55$
117	1	$17 + 1 = 18$	157	1	$55 + 1 = 56$
119	1	$18 + 1 = 19$	171	3	$56 + 3 = 59$
122	1	$19 + 1 = 20$	175	1	$59 + 1 = 60$
128	3	$20 + 3 = 23$	184	1	$60 + 1 = 61$
131	1	$23 + 1 = 24$	186	1	$61 + 1 = 62$
132	2	$24 + 2 = 26$	229	1	$62 + 1 = 63$
			254	1	$63 + 1 = 64$

$$K_o = \text{round} \left(\frac{2 \times (2^8 - 1)}{8 \times 8} \right) = \text{round} \left(\frac{510}{64} \right) = 8$$

$$K_o = \text{round} \left(\frac{1 \times (2^8 - 1)}{8 \times 8} \right) = \text{round} \left(\frac{255}{64} \right) = 4$$

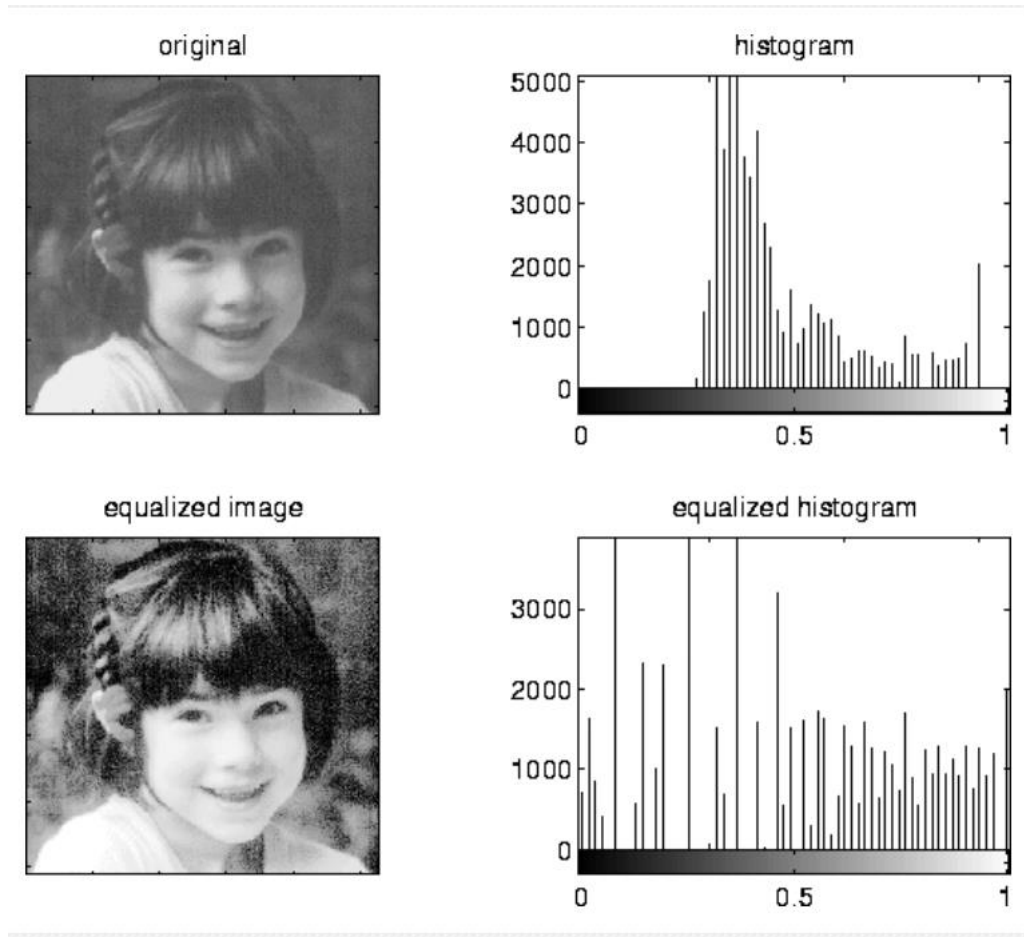
Keabuan Awal	Frek	Keabuan Hasil
29	1	4
39	1	8
40	2	16
44	2	24
58	1	28
62	1	32
81	1	36
90	1	40
108	2	48
111	3	60
115	1	64
116	1	68
117	1	72
119	1	76
122	1	80
128	3	92
131	1	96
132	2	104

Keabuan Awal	Frek	Keabuan Hasil
133	6	127
136	6	151
138	3	163
139	1	167
140	1	171
143	1	175
148	1	179
149	2	187
150	1	191
151	2	199
154	4	215
155	1	219
157	1	223
171	3	235
175	1	239
184	1	243
186	1	247
229	1	251
254	1	255

(i,j)	0	1	2	3	4	5	6	7
0	29	40	44	39	111	116	81	108
1	40	44	62	90	111	111	108	58
2	186	132	132	154	154	154	150	229
3	136	184	175	155	171	171	171	148
4	254	133	133	136	154	151	151	157
5	140	133	133	131	136	138	149	149
6	115	128	133	136	136	136	138	117
7	122	128	138	143	133	119	139	128

(i,j)	0	1	2	3	4	5	6	7
0	4	16	24	8	60	68	36	48
1	16	24	32	40	60	60	48	28
2	247	104	104	215	215	215	191	251
3	151	243	239	219	235	235	235	179
4	255	127	127	151	215	199	199	223
5	171	127	127	96	151	163	187	187
6	64	92	127	151	151	151	163	72
7	80	92	163	175	127	76	167	92

Histogram Equalization: Example



Histogram Equalization: Example



BEFORE



AFTER

<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/images/histeq.html>

Original Image



Grayscale



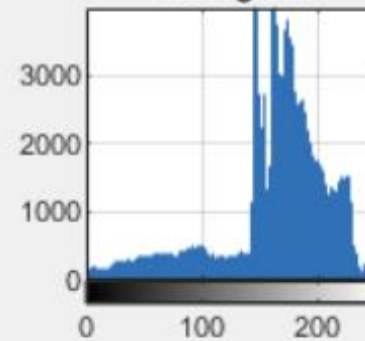
Contrast Stretching



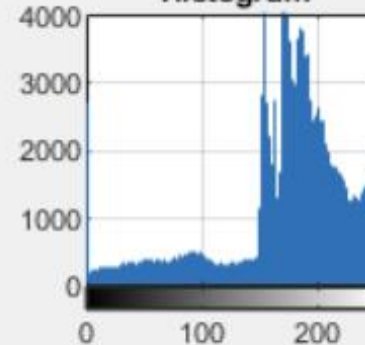
Hist. Equalization



Histogram



Histogram



Histogram

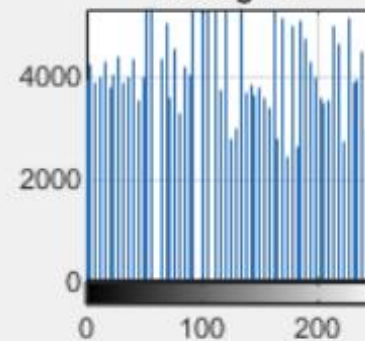


Image Processing

Load Image

RGB to Grayscale

Contrast Stretching

Hist. Equalization

Reset

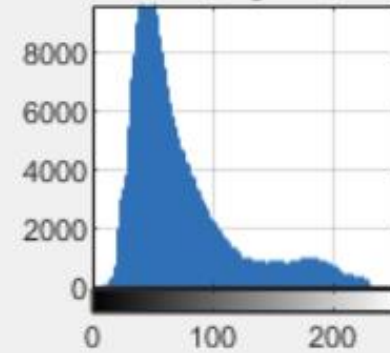
Original Image



Grayscale



Histogram



Contrast Stretching



Histogram

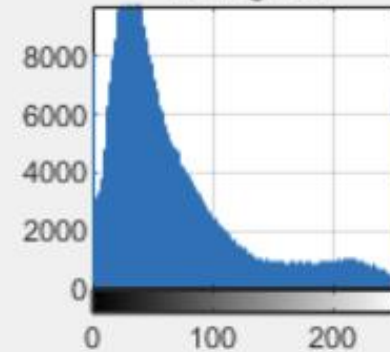


Image Processing

Load Image

RGB to Grayscale

Contrast Stretching

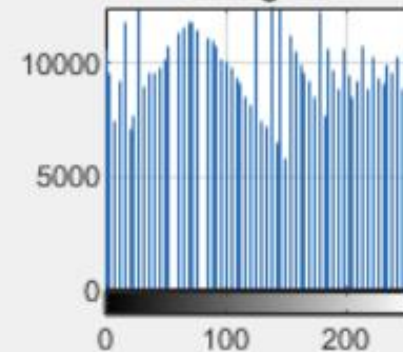
Hist. Equalization

Reset

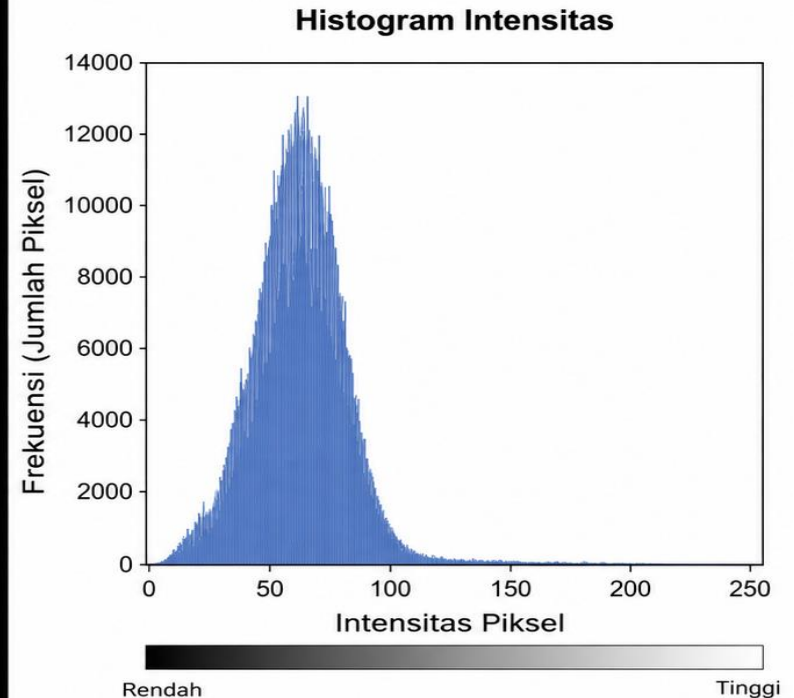
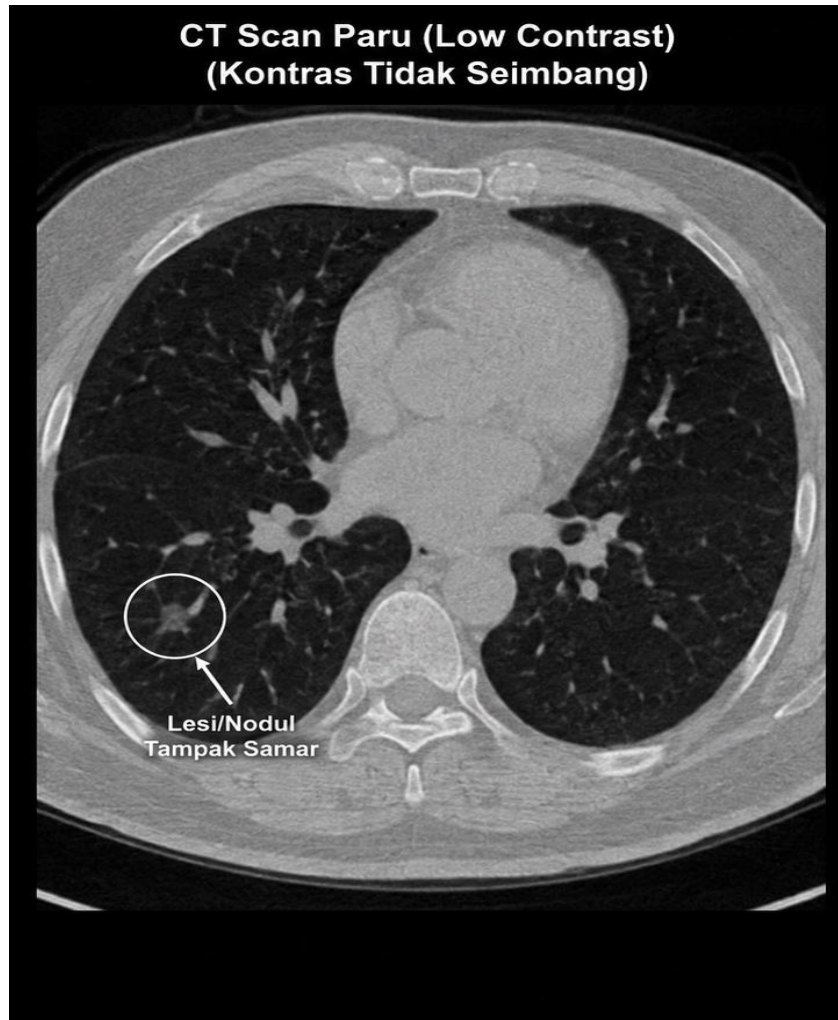
Hist. Equalization



Histogram



Evaluating the Effect of Image Enhancement Techniques on CT-Scan-Based Lung Cancer Classification: A Comparative Study of MobileNetV2 and MobileNetV3



Interpretasi:

- Mayoritas piksel berada pada rentang intensitas yang sempit ($\pm 40 - 120$).
- Perbedaan intensitas antara lesi/nodul dan jaringan paru di sekitarnya sangat kecil.
- Kondisi ini menyebabkan kontras rendah sehingga lesi tampak samar dan sulit dibedakan secara visual.

CT Scan + Image Enhancement

Perrbanigan Hasil Contrast Enhancement Citra CT-Scan
Citra CT-Scan

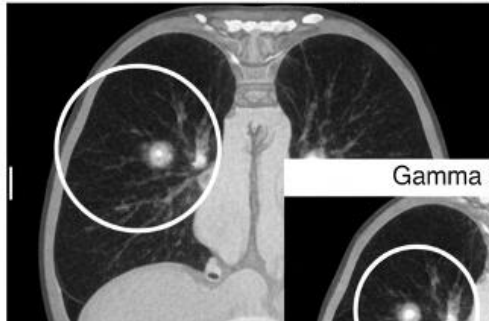
Gamar Asil

Historam Equalization HE

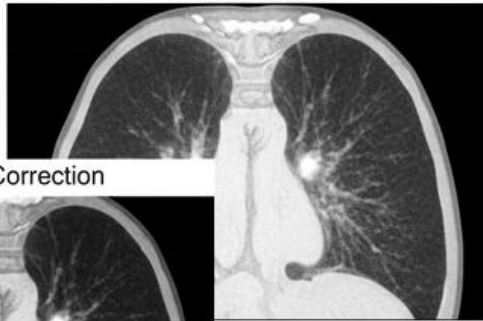


Contrast Limited Adaptive Equalization

CLAHE



Gamma Correction



CLAHE



Contrast Stretching

Contrast Stretching

- **Gambar asli** menunjukkan struktur paru dengan kontras yang relatif lebih rendah, sehingga perbedaan antara lesi/nodul dan jaringan paru di sekitarnya belum terlalu tegas.
- **Histogram Equalization** meningkatkan rentang kontras sehingga struktur paru dan area lesi tampak lebih menonjol. Namun, peningkatan kontras juga dapat membuat beberapa struktur/background menjadi lebih kuat.
- **CLAHE** memberikan peningkatan kontras yang lebih lokal. Pada area yang diberi lingkaran, lesi terlihat lebih jelas dibandingkan citra asli, sehingga batas dan karakteristik lokalnya lebih mudah diamati.
- **Gamma Correction** meningkatkan visibilitas area lesi, tetapi karakteristik hasilnya bergantung pada nilai gamma yang digunakan.
- **Contrast Stretching** memperluas rentang intensitas piksel sehingga perbedaan antara area gelap dan terang menjadi lebih nyata.