

08 - Image Enhancement

(Bagian 1)

IF4073 Interpretasi dan Pengolahan Citra

Oleh: Rinaldi Munir



Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung
2021

Image Enhancement

- *Image enhancement* = perbaikan kualitas citra
- Tujuan: memperoleh citra yang lebih sesuai digunakan untuk aplikasi lebih lanjut (misal: mengenali objek di dalam citra).
- Merupakan satu proses awal dalam pengolahan citra (*preprocessing*)
- Mengapa memerlukan *image enhancement*?
 - citra mengandung derau (*noise*)
 - citra terlalu terang/gelap, citra kurang tajam, kabur (*blur*)
 - cacat saat akuisisi citra:
 - lensa: *object blurring* atau *background blurring*
 - objek bergerak kamera bergerak: *motion blurring*
 - Distorsi geometrik disebabkan oleh lensa atau sudut pengambilan



Noisy image



Citra dengan kontras terlalu gelap



Motion blur



Dark face image for recognition



Blur vehicle plate number

- Berdasarkan ranah (domain) operasinya, metode-metode untuk perbaikan kualitas citra dapat dikelompokkan menjadi dua kategori:

1. *Image enhancement* dalam ranah spasial

2. *Image enhancement* dalam ranah frekuensi

- Spatial Domain



- Frequency Domain (misalnya menggunakan *Fourier Transform*)



- Metode-metode *image enhancement* dalam ranah spasial dilakukan dengan memanipulasi secara langsung *pixel-pixel* di dalam citra.
- Metode-metode *image enhancement* dalam ranah frekuensi dilakukan dengan mengubah citra terlebih dahulu dari ranah spasial ke ranah frekuensi, baru kemudian memanipulasi nilai-nilai frekuensi tersebut.
- Masing-masing ranah operasi digunakan untuk tujuan spesifik, karena tidak semua perbaikan citra dapat dilakukan dalam ranah spasial.
- Materi di dalam PPT ini membahas metode-metode *image enhancement* dalam ranah spasial terlebih dahulu.

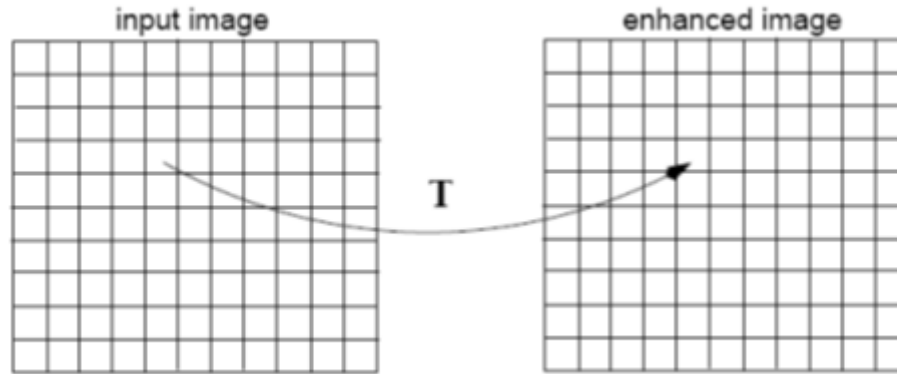
Metode dalam Ranah Spasial

- Misalkan:
 - $f(x,y)$: citra input
 - $g(x,y)$: citra output
 - T adalah operator terhadap f
- Metode pemrosesan citra dalam ranah spasial dinyatakan sebagai:

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

- T bisa beroperasi pada satu *pixel*, sekelompok *pixel* bertetangga, atau keseluruhan pixel di dalam citra.
- Jadi, metode dalam ranah spasial dapat dilakukan pada aras titik (pixel), aras lokal, dan aras global.

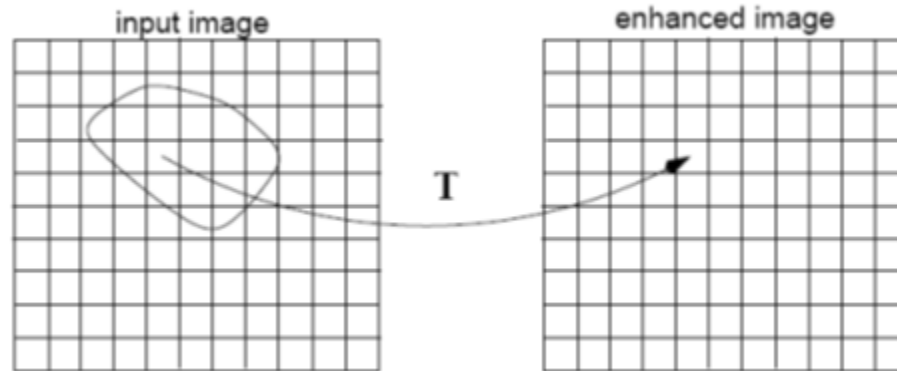
Aras titik



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

T operates on 1 pixel

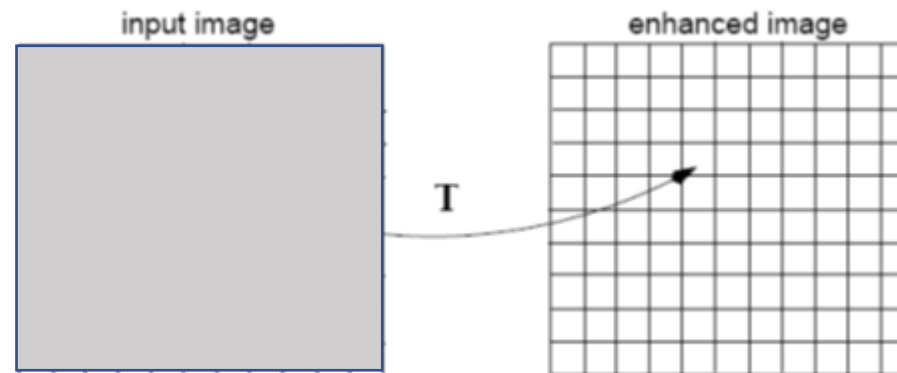
Aras lokal



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

T operates on a neighborhood of pixels

Aras global



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

T operates on entire of pixels

Proses-proses yang termasuk ke dalam perbaikan kualitas citra:

- Pengubahan kecerahan gambar (*image brightening*)
- Citra negatif (*image negatives*)
- Peregangan kontras (*contrast stretching*)
- Pengubahan histogram citra.
- Pelembutan citra (*image smoothing*)
- Penajaman (*sharpening*) tepi (*edge*).
- Pewarnaan semu (*pseudocolouring*)
- Pengubahan geometrik
- dll

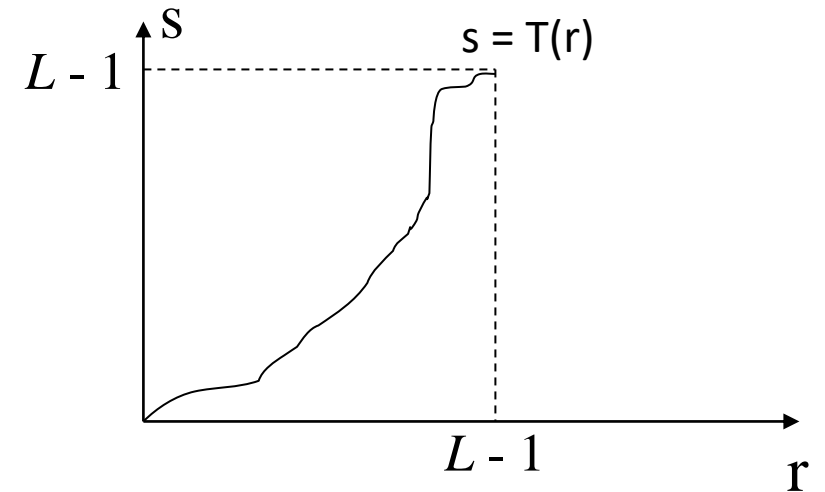
Pemrosesan dalam aras titik

- $g(x,y) = T [f(x,y)]$
- T hanya beroperasi pada pixel tunggal
- T adalah fungsi transformasi nilai *grayscale*, sehingga ditulis:

$$s = T(r)$$

r : variabel yang menyatakan nilai *grayscale* $f(x,y)$

s : variabel yang menyatakan nilai *grayscale* $g(x,y)$



L = 256: pada citra grayscale 8-bit

Contoh-contoh *image enhancement* dalam aras titik:

1. Mencerahkan citra (*image brightening*)
2. Menegatifkan citra (*image negatives*)
3. Peregangan kontras (*contrast stretching*)
4. *Gamma correction*
5. dll

1. Pencerahan citra (*image brightening*)

- Kecerahan citra dapat diperbaiki dengan menambahkan/mengurangkan sebuah konstanta kepada (atau dari) setiap *pixel*, atau mengalikan sebuah konstanta ke setiap *pixel*.

$$s = r + b$$

- Jika b positif, kecerahan citra bertambah,
Jika b negatif kecerahan citra berkurang
- Perlu operasi *clipping* jika nilai $r + b$ berada di bawah nilai intensitas minimum atau di atas nilai intensitas maksimum:
 - jika $r + b > 255$, maka $s = 255$
 - jika $r + b < 0$, maka $s = 0$

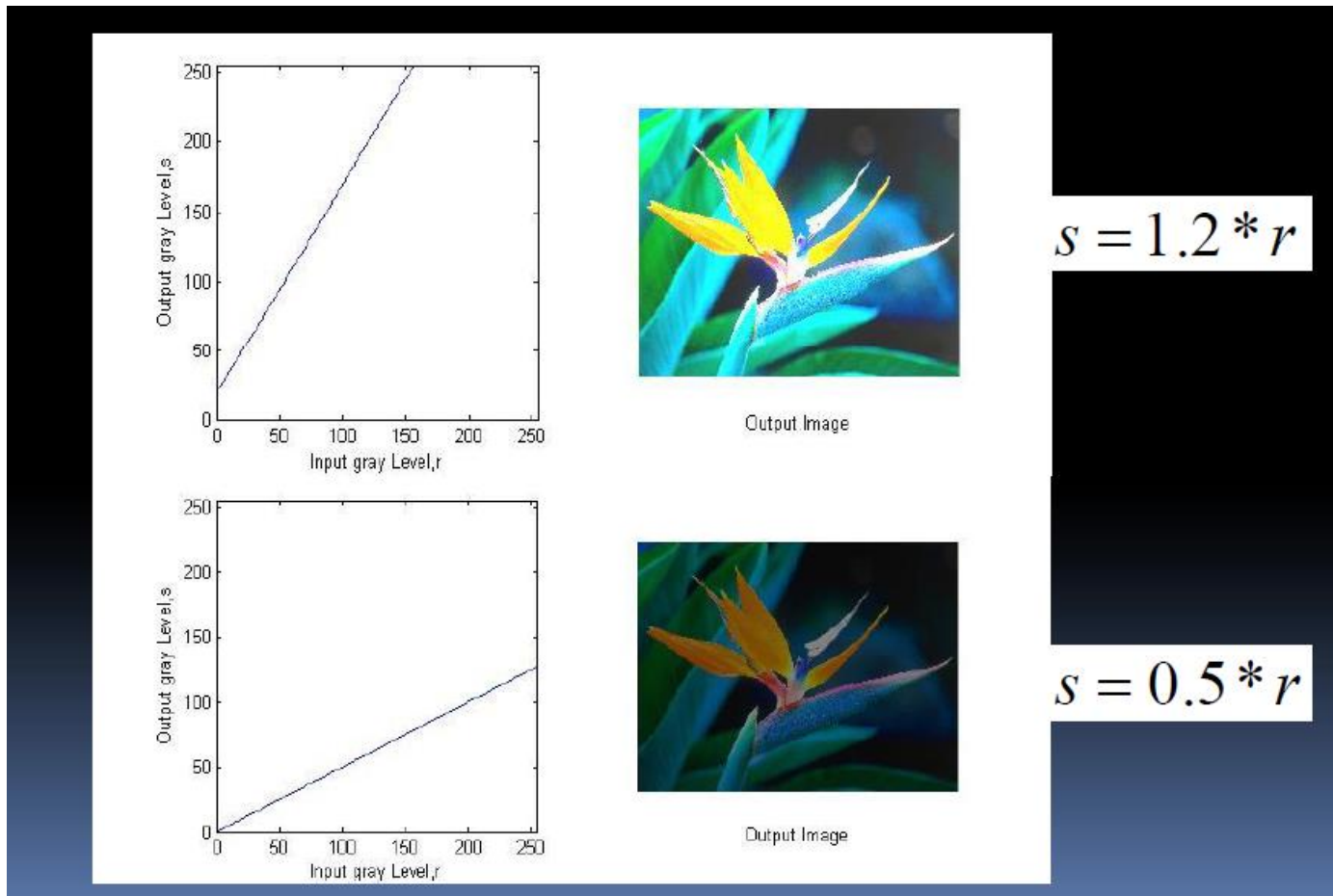


Gambar Kiri: citra Zelda (agak gelap); **kanan:** citra Zelda setelah operasi pencerahan citra, $b = 100$

- Operasi pencerahan yang lain adalah menggunakan rumus:

$$s = ar + b$$

a dan b adalah konstanta



Sumber gambar: Ehsan Khoramshahi,
Image enhancement in spatial domain

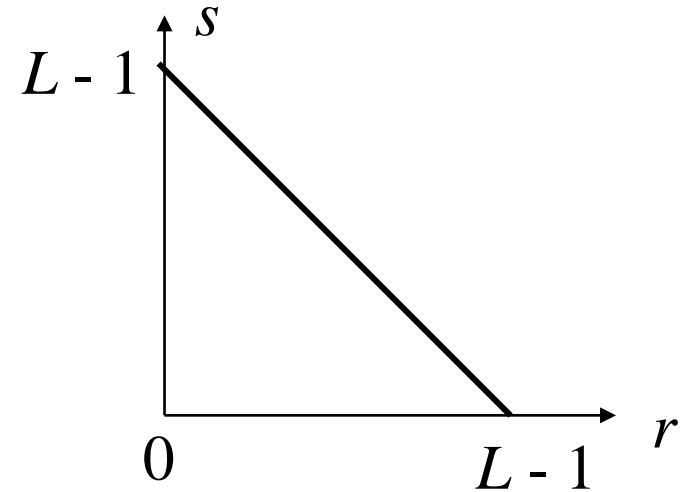
2. Menegatifkan Citra (*Image Negatives*)

- Seperti film negatif pada fotografi.
- Misalkan citra memiliki L derajat keabuan
- Caranya: kurangi nilai intensitas *pixel* dari nilai keabuan maksimum ($L - 1$)

$$s = (L - 1) - r$$

Contoh pada citra *grayscale* 8-bit:

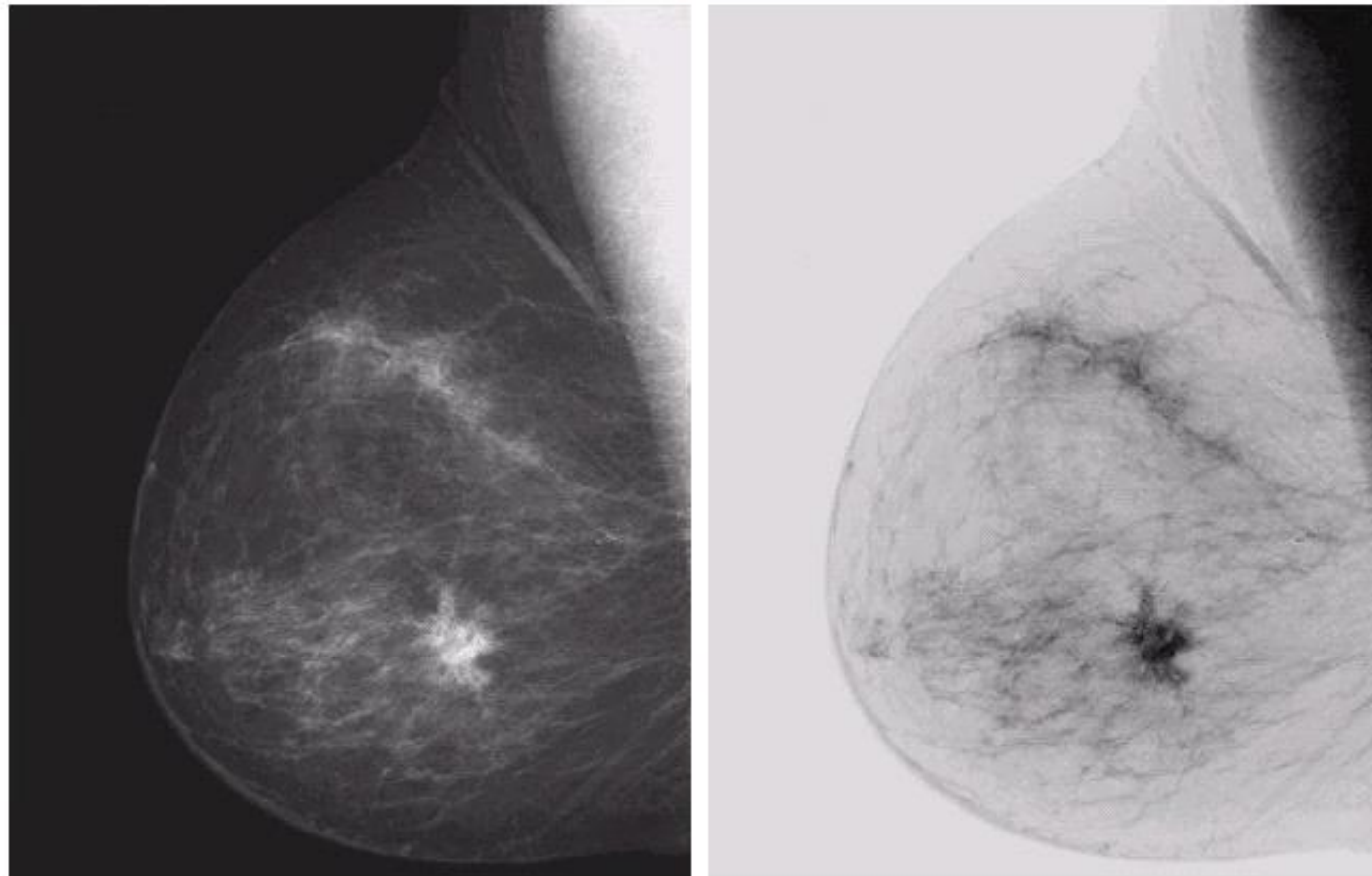
$$s = 255 - r$$







- Sebagai proses *image enhancement*, menegatifkan citra bermanfaat bila area hitam sangat dominan di dalam citra, misalnya foto sinar-X dan citra mammografi.



a b

FIGURE 3.4

(a) Original digital mammogram.

(b) Negative image obtained using the negative transformation in Eq. (3.2-1).

(Courtesy of G.E. Medical Systems.)



Input image (X-ray image)



Output image (negative)

- Menegatifkan citra adalah salah satu transformasi linier. Selain transformasi linier, terdapat tiga fungsi transformasi dasar keabuan:

1. Fungsi linier

- Transformasi negatif dan transformasi identitas

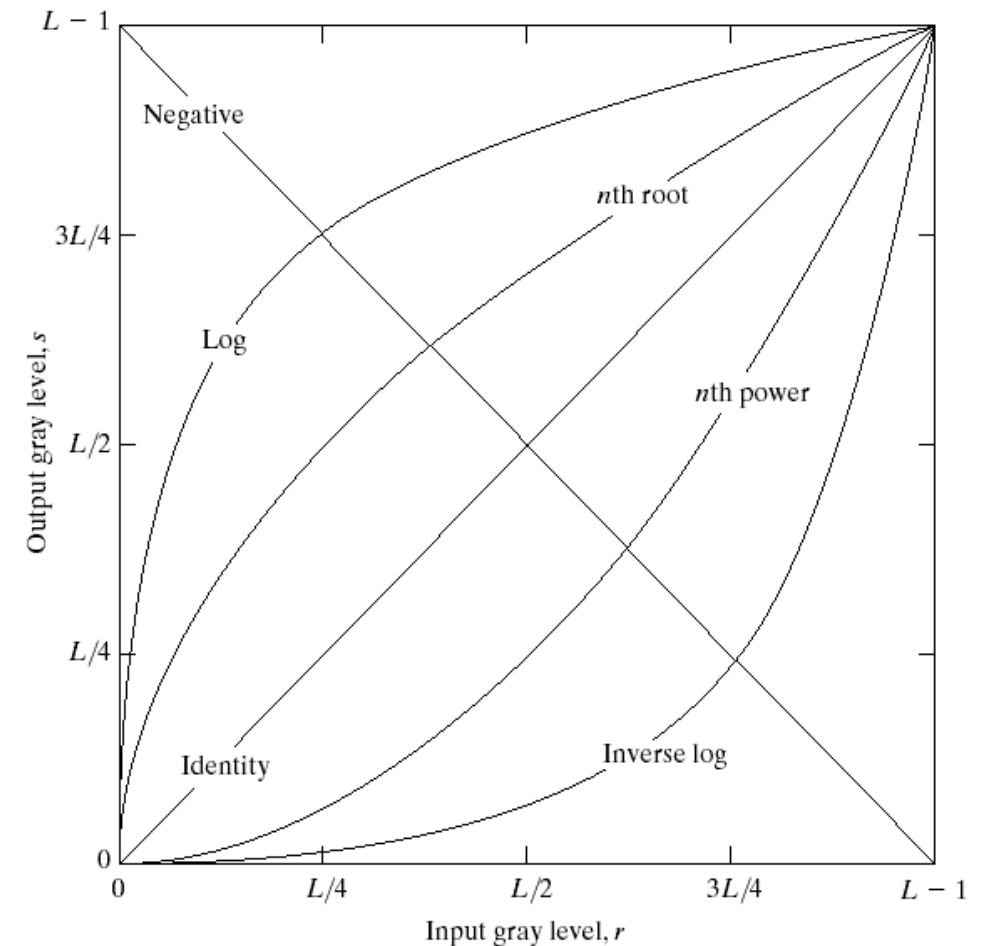
2. Fungsi logaritma

- Transformasi log dan inverse-log

3. Fungsi pangkat

- Transformasi pangkat n dan transformasi akar pangkat n

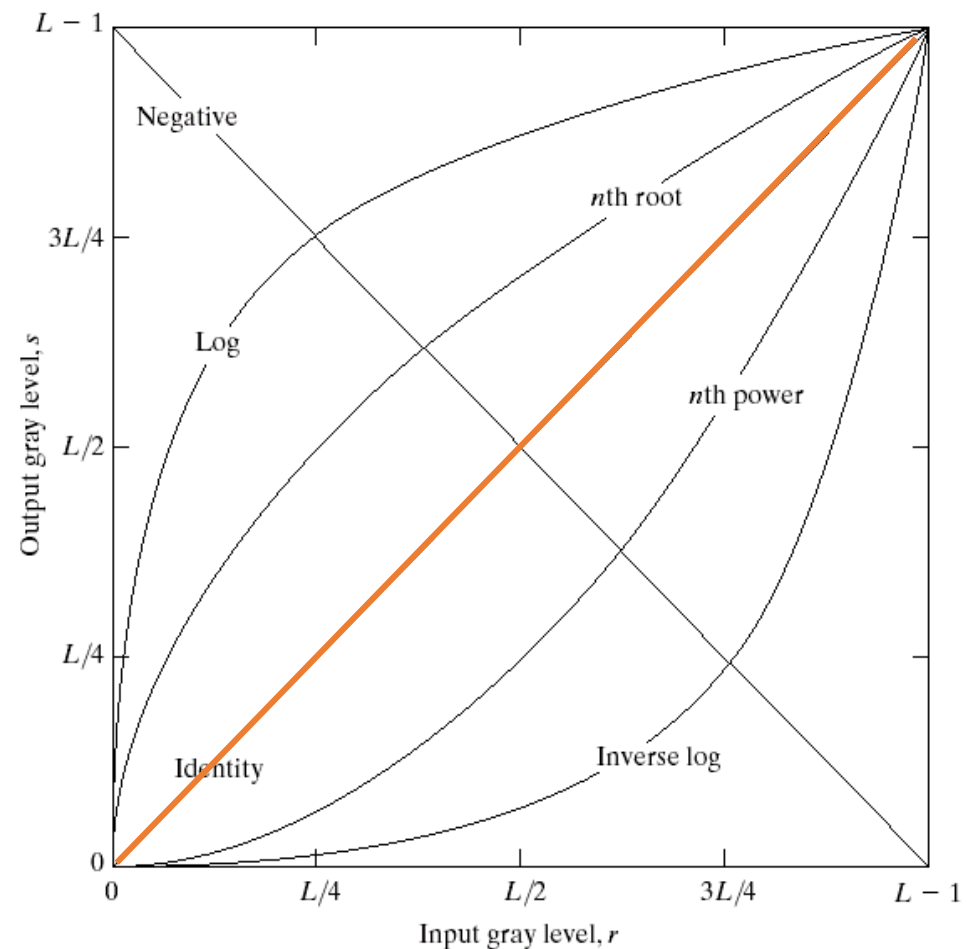
FIGURE 3.3 Some basic gray-level transformation functions used for image enhancement.



a) Transformasi identitas

- Nilai keabuan citra *output* sama dengan keabuan citra *input*
- Dimasukkan ke dalam grafik hanya untuk melengkapi

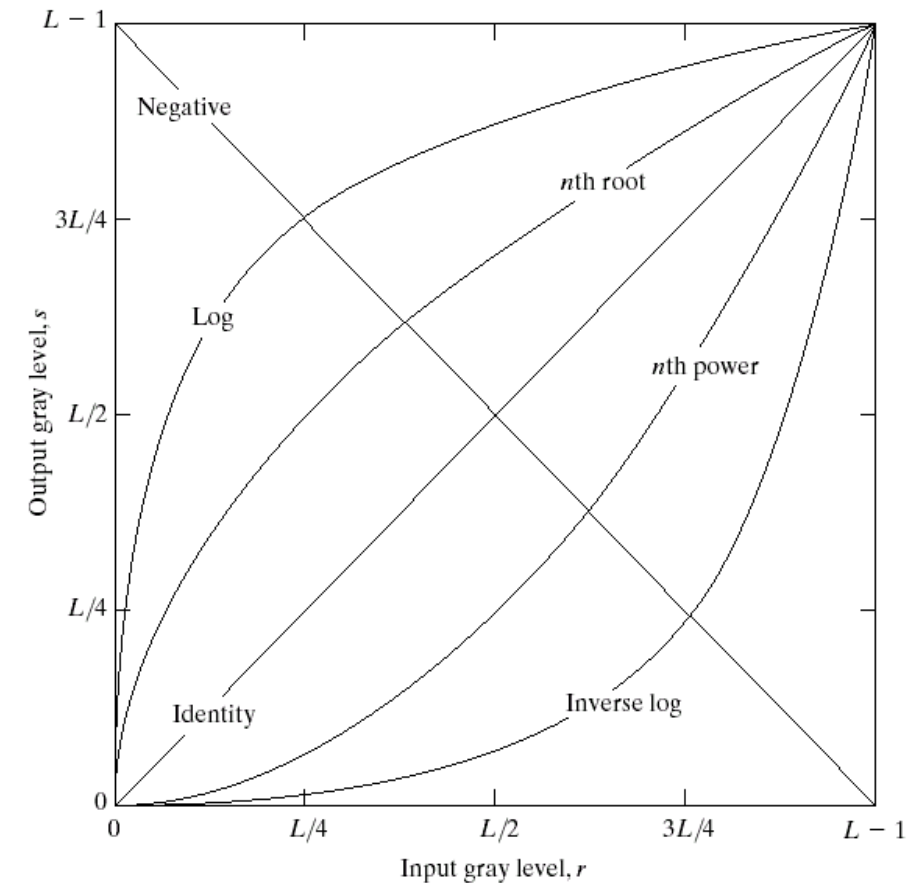
FIGURE 3.3 Some basic gray-level transformation functions used for image enhancement.



b) Transformasi Log

- Fungsi $s = c \log(1+r)$
- Transformasi log memiliki sifat:
 1. Untuk citra yang memiliki rentang yang sempit untuk nilai-nilai keabuan yang rendah (gelap), dipetakan menjadi rentang yang lebih luas pada citra luaran.
 2. Untuk citra yang memiliki rentang yang lebar untuk nilai-nilai keabuan yang tinggi (terang), dipetakan menjadi rentang yang lebih sempit pada citra luaran
- Pada transformasi log balikan (*inverse*), yang terjadi adalah kebalikannya.

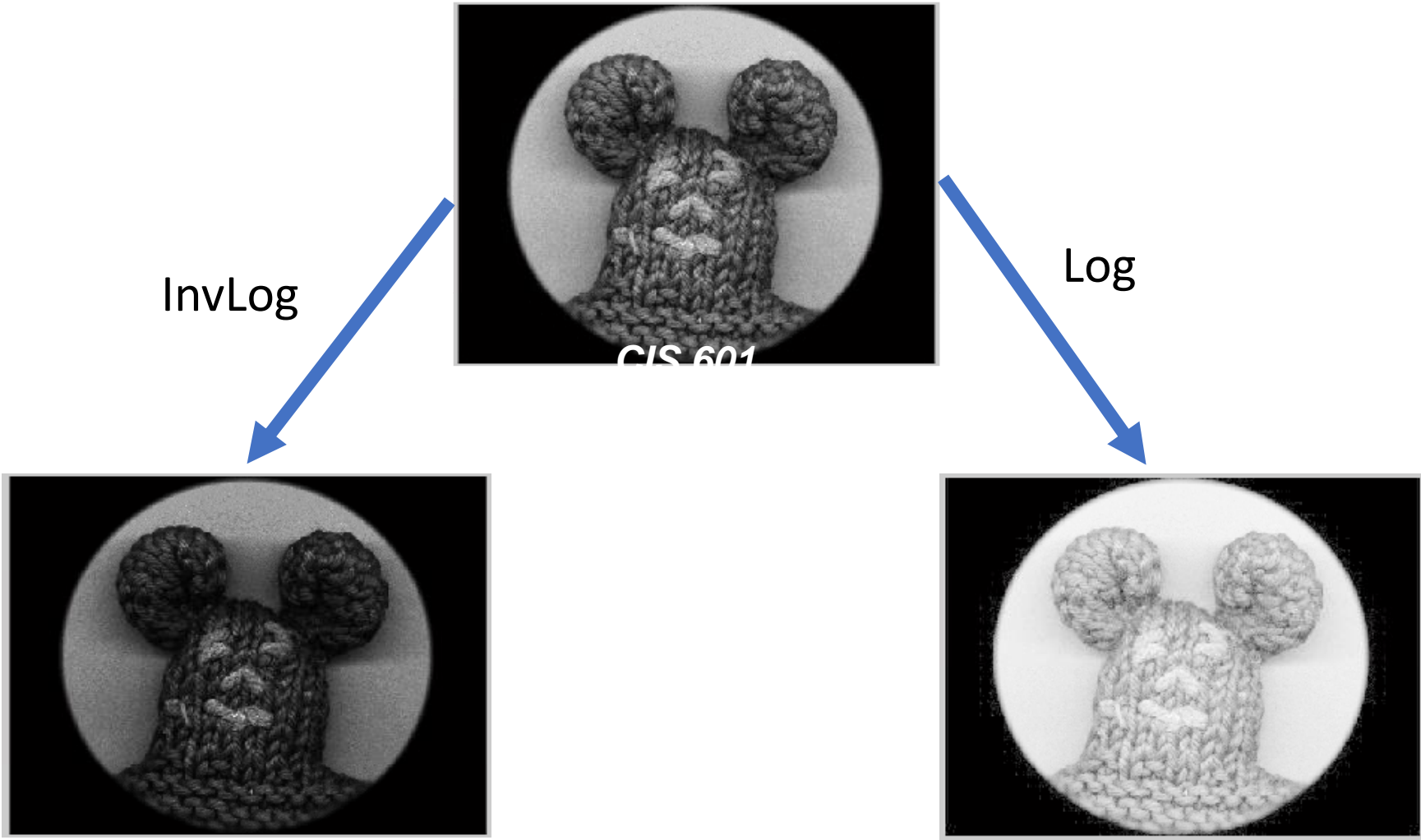
FIGURE 3.3 Some basic gray-level transformation functions used for image enhancement.





c = 100

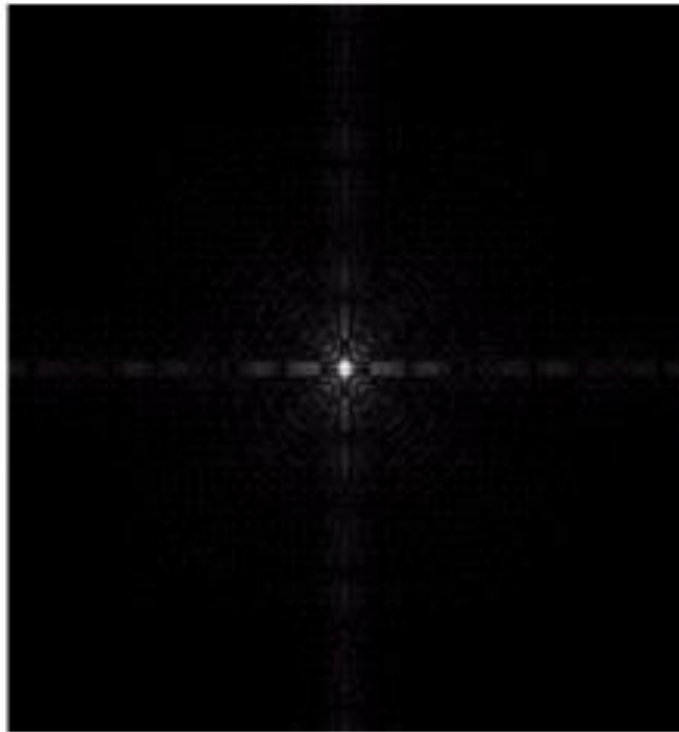




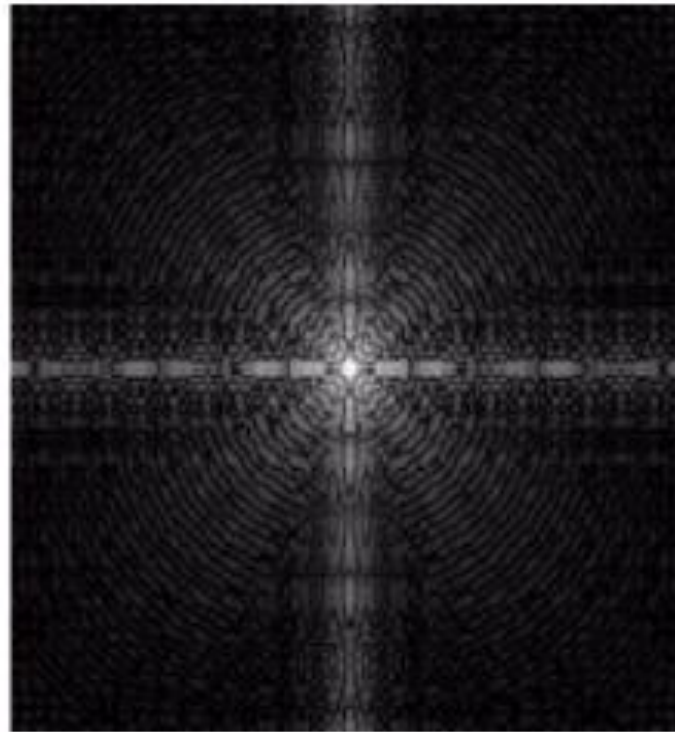
Sumber gambar: CIS 601, Image ENHANCEMENT in the SPATIAL DOMAIN, *Dr. Rolf Lakaemper*

Application:

- *This transformation is suitable for the case when the dynamic range of a processed image far exceeds the capability of the display device (e.g. display of the Fourier spectrum of an image)*
- Also called *“dynamic-range compression / expansion”*



Fourier spectrum with values of range 0 to 1.5×10^6 scaled linearly



The result applying log transformation, $c = 1$

c) Transformasi Pangkat

- Fungsi pangkat:

$$s = cr^\gamma$$

c dan γ adalah konstanta positif.

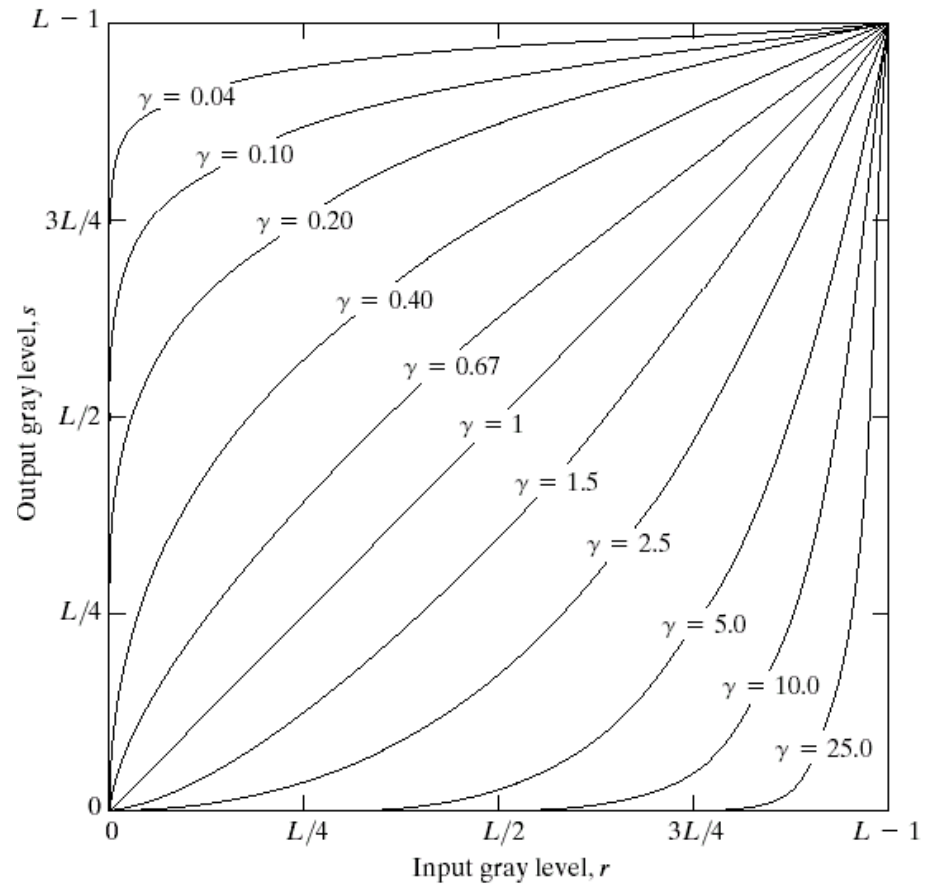


FIGURE 3.6 Plots of the equation $s = cr^\gamma$ for various values of γ ($c = 1$ in all cases).

Hukum pangkat (*power-law*):

Untuk $\gamma < 1$: Mengekspansi nilai-nilai pixel gelap, mengurangi nilai-nilai pixel terang

Untuk $\gamma > 1$: Mengurangi nilai-nilai pixel gelap, mengekspansi nilai-nilai pixel terang

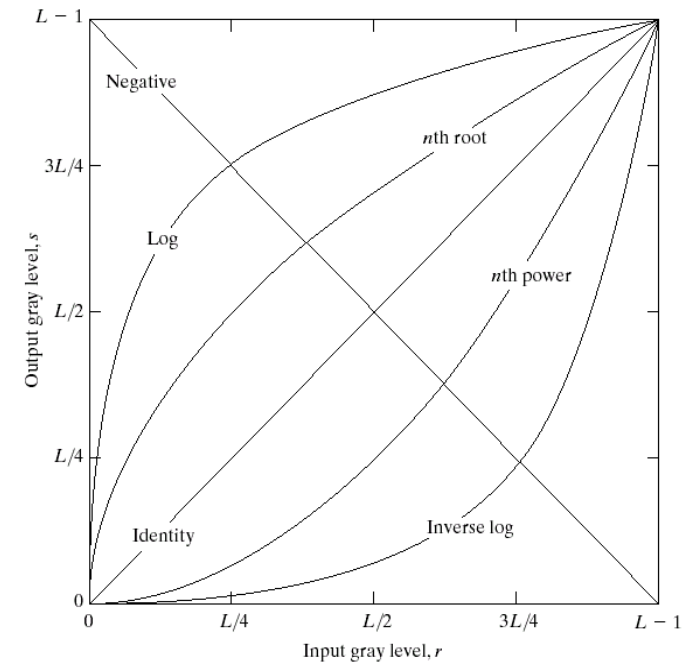
Jika $\gamma = 1$ & $c=1$: Transformasi identitas ($s = r$)

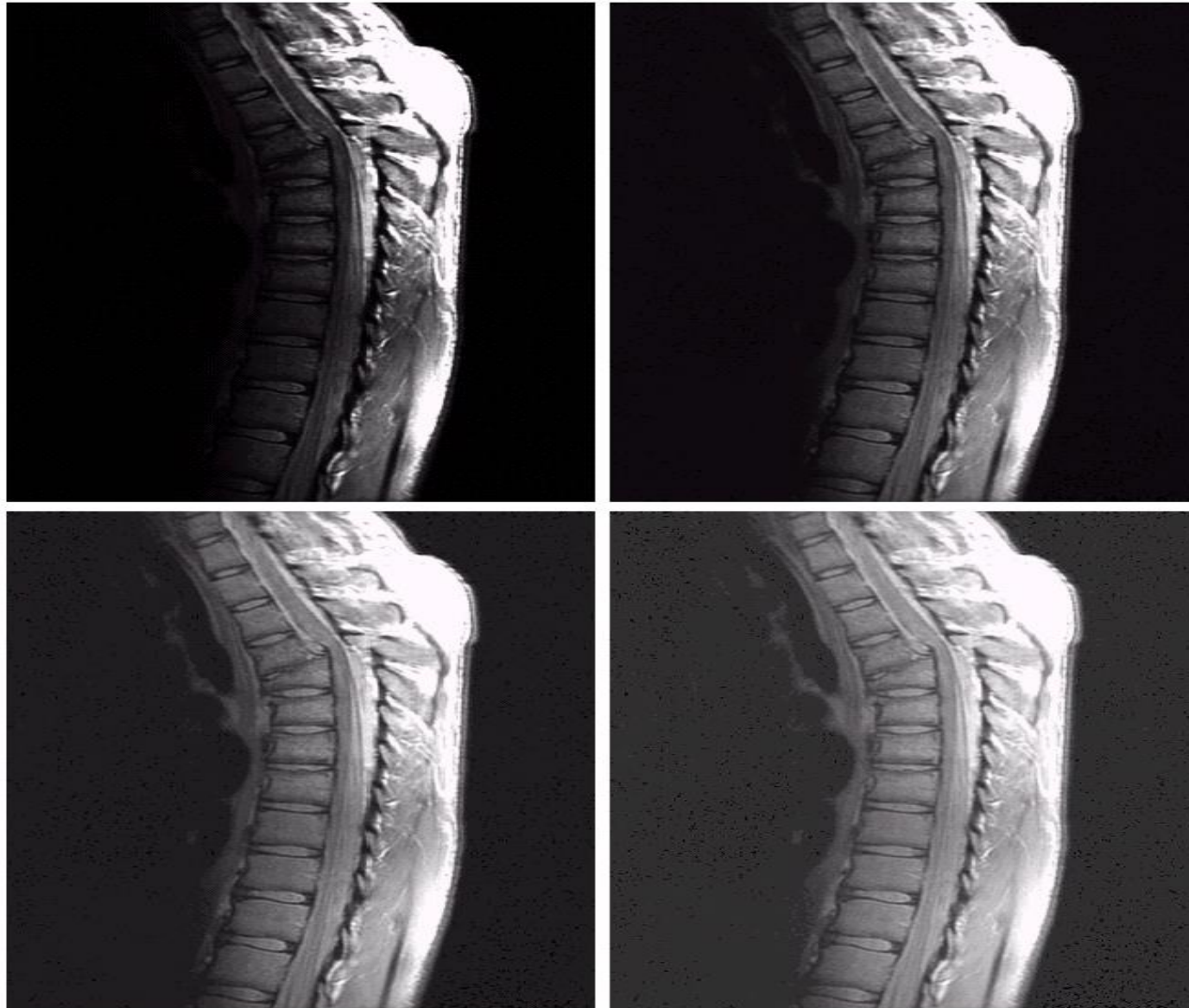
Beberapa devais (*image capture, printing, display*) melakukan respon berdasarkan hukum-pangkat dan perlu dikoreksi

Gamma (γ) correction

Proses yang digunakan untuk mengoreksi fenomena hukum-pangkat

FIGURE 3.3 Some basic gray-level transformation functions used for image enhancement.





a	b
c	d

FIGURE 3.8

(a) Magnetic resonance (MR) image of a fractured human spine.

(b)–(d) Results of applying the transformation in Eq. (3.2-3) with $c = 1$ and $\gamma = 0.6, 0.4,$ and 0.3 , respectively.

(Original image for this example courtesy of Dr. David R. Pickens, Department of Radiology and Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)

Rincian:



MRI image of
fractured human
spine



Result of applying
power-law
transformation

$$c = 1, \gamma = 0.6$$



Result of applying
power-law
transformation

$$c = 1, \gamma = 0.4$$



Result of applying
power-law
transformation

$$c = 1, \gamma = 0.3$$

a b
c d

FIGURE 3.9
(a) Aerial image.
(b)–(d) Results of
applying the
transformation in
Eq. (3.2-3) with
 $c = 1$ and
 $\gamma = 3.0, 4.0,$ and
 $5.0,$ respectively.
(Original image
for this example
courtesy of
NASA.)



Rincian:



Arial image



Result of a transformation
for $c=1$ and $\gamma=3$

Rincian:



Result of a transformation
for $c=1$ and $\gamma=4$

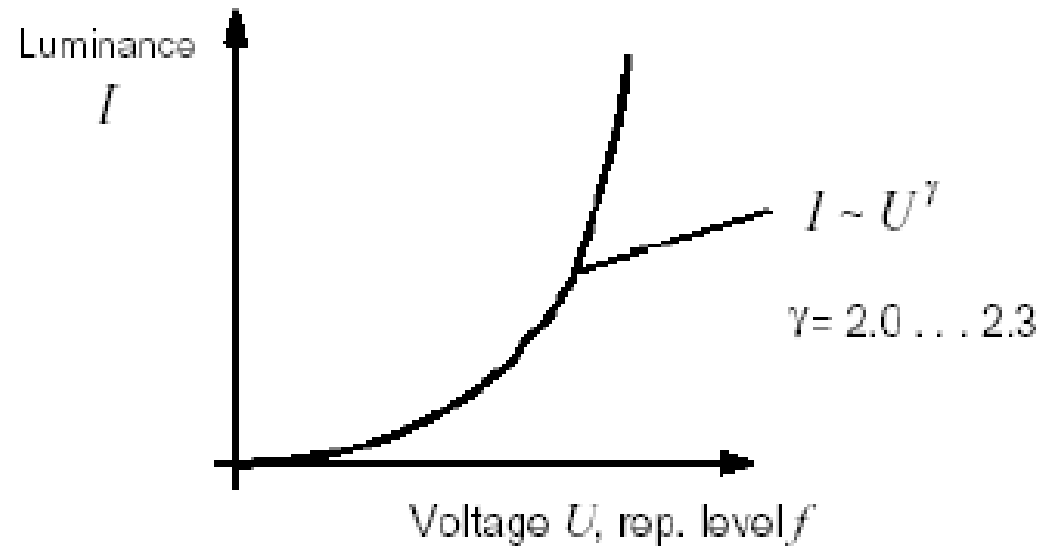


Result of a transformation
for $c=1$ and $\gamma=5$

Gamma correction

- Example of gamma correction

Cathode ray tubes (CRT) are nonlinear

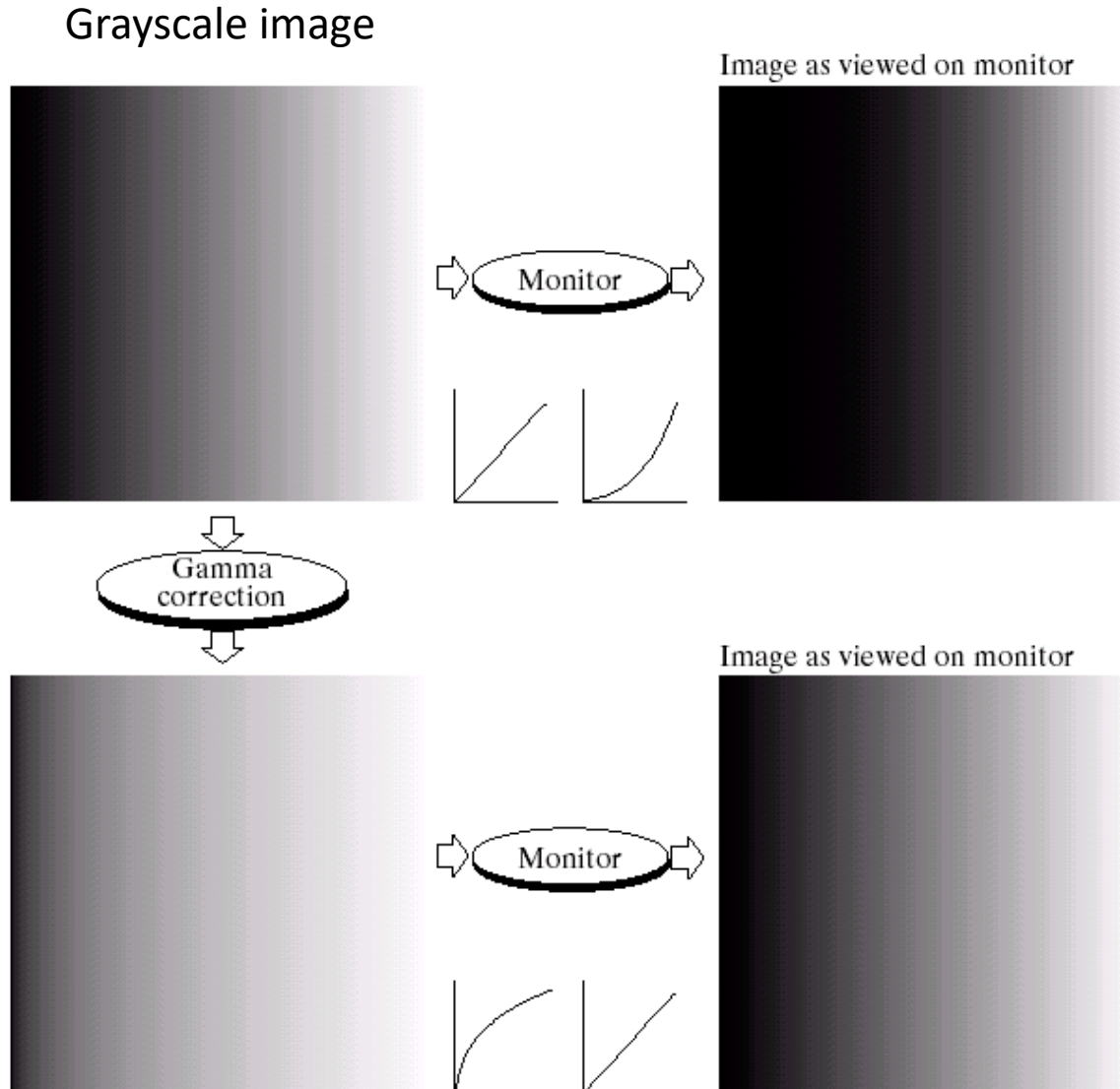


- To linearize the CRT response a pre-distortion circuit is needed $s = cr^{1/\gamma}$

Gamma correction

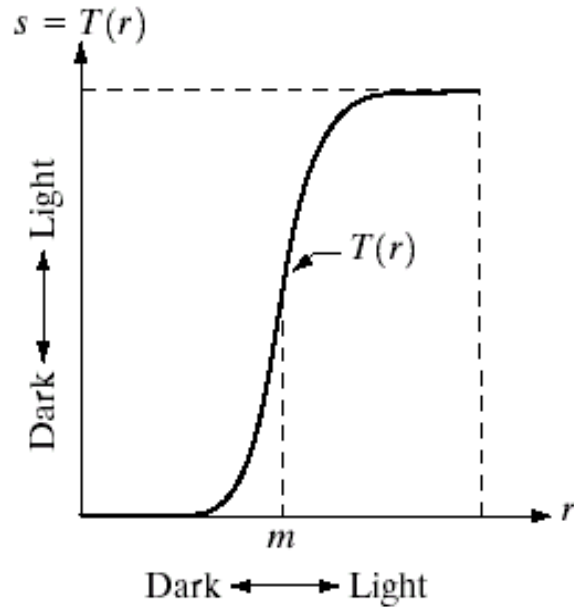
a b
c d

FIGURE 3.7
(a) Linear-wedge gray-scale image.
(b) Response of monitor to linear wedge.
(c) Gamma-corrected wedge.
(d) Output of monitor.



- Cathode ray tube (CRT) devices have an intensity-to-voltage response that is a power function, with γ varying from 1.8 to 2.5
- The picture will become darker.
- Gamma correction is done by preprocessing the image before inputting it to the monitor with $s = cr^{1/\gamma}$

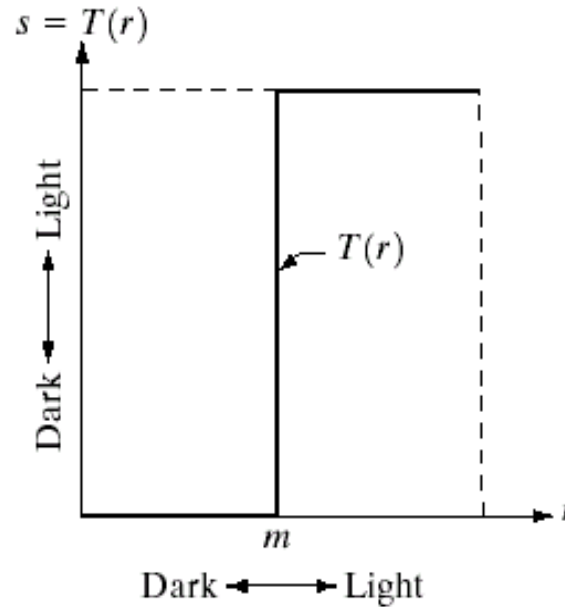
3. Perbaikan kontras (*contrast enhancement*)



(a)

Contrast Stretching

(a) Nilai-nilai pixel $< m$ dibuat lebih gelap
Nilai-nilai pixel $\geq m$ dibuat lebih terang
Operasi peregangan kontras (contrast stretching)



(b)

Thresholding

(b) Nilai-nilai pixel $< m$ dibuat menjadi hitam
Nilai-nilai pixel $\geq m$ dibuat menjadi putih
Operasi pengambangan (thresholding)

- $r = \text{graylevel}$ citra masukan
- $s = \text{graylevel}$ citra luaran
- $T =$ fungsi perbaikan kontras
- $m =$ nilai ambang



Original image



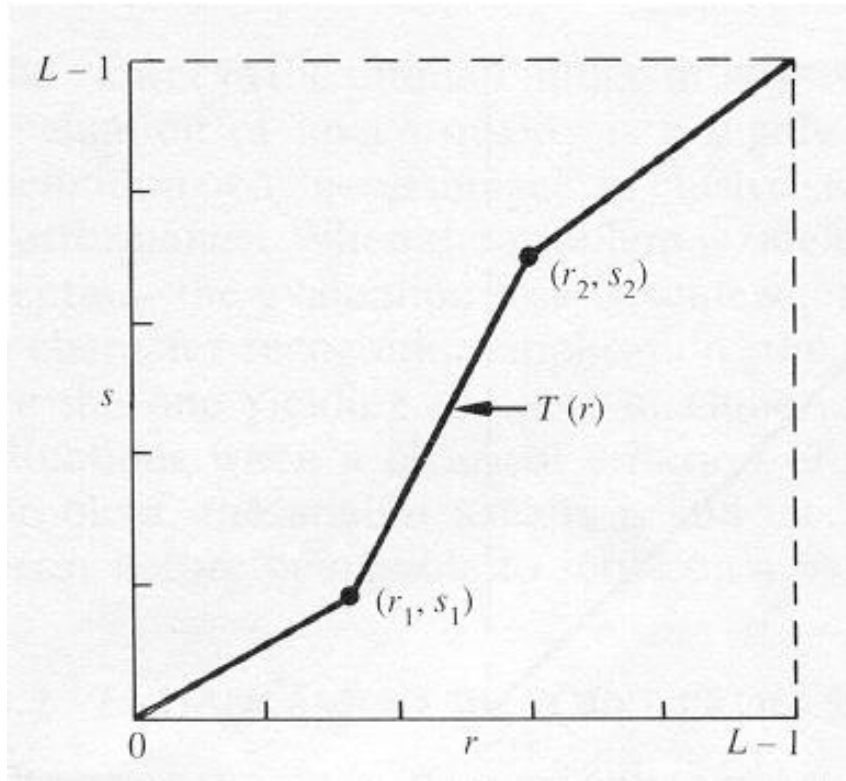
Peregangan kontras



Pengambangan

Peregangan kontras (*contrast stretching*)

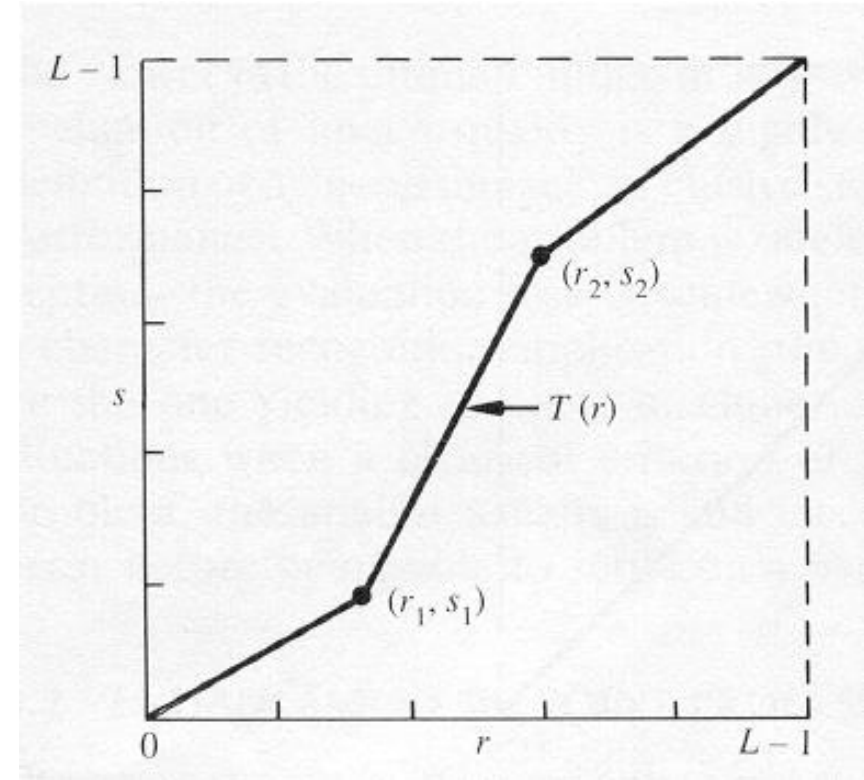
- Tujuan: meningkatkan rentang nilai-nilai keabuan untuk citra kontras-rendah (terentang dari 0 sampai 255 pada citra 8-bit)



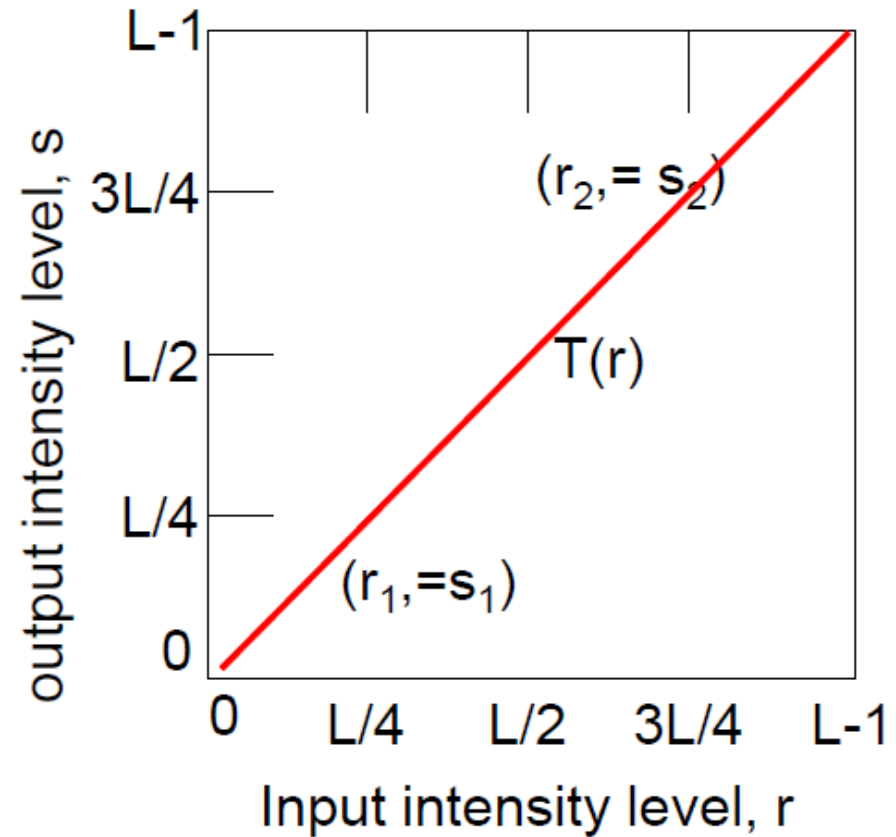
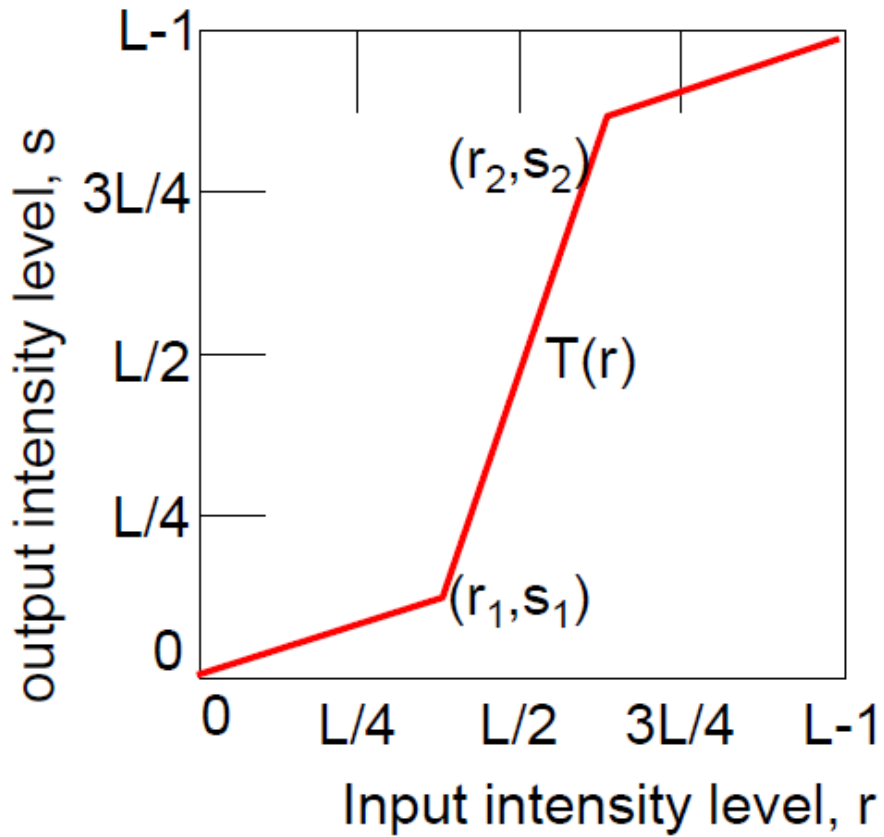
Citra kontras-rendah dihasilkan dari

- pencahayaan yang kurang
- kekurangan pada rentang dinamis di dalam *imaging sensor*
- kesalahan *setting* lensa selama akuisisi gambar

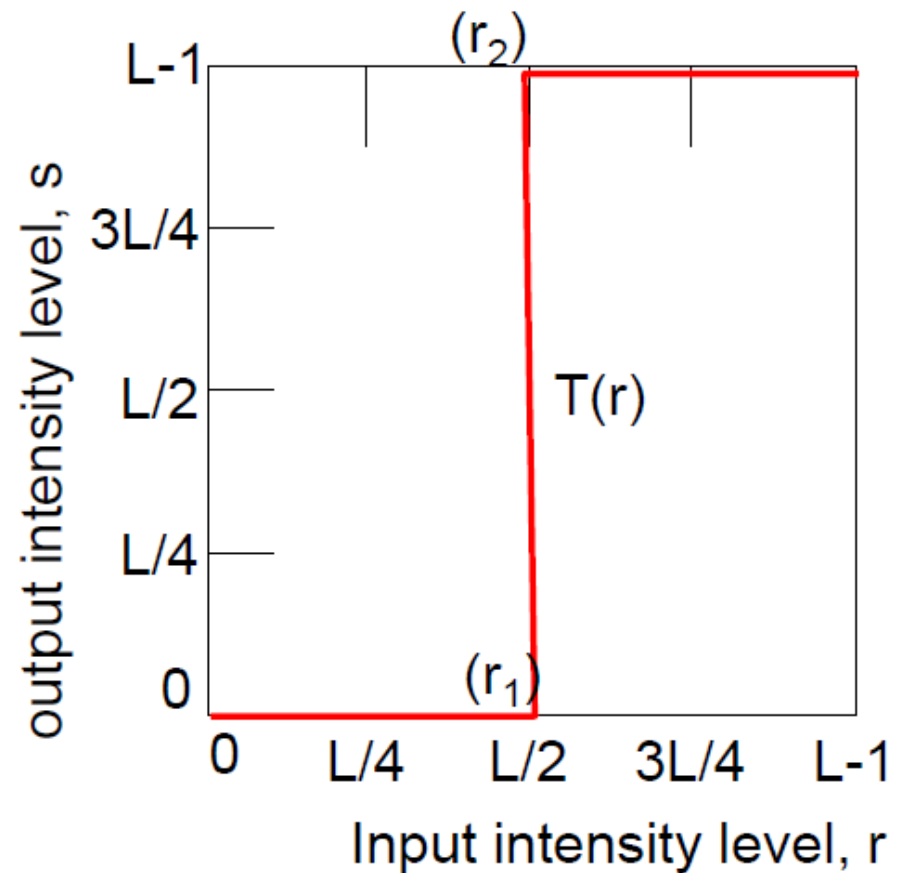
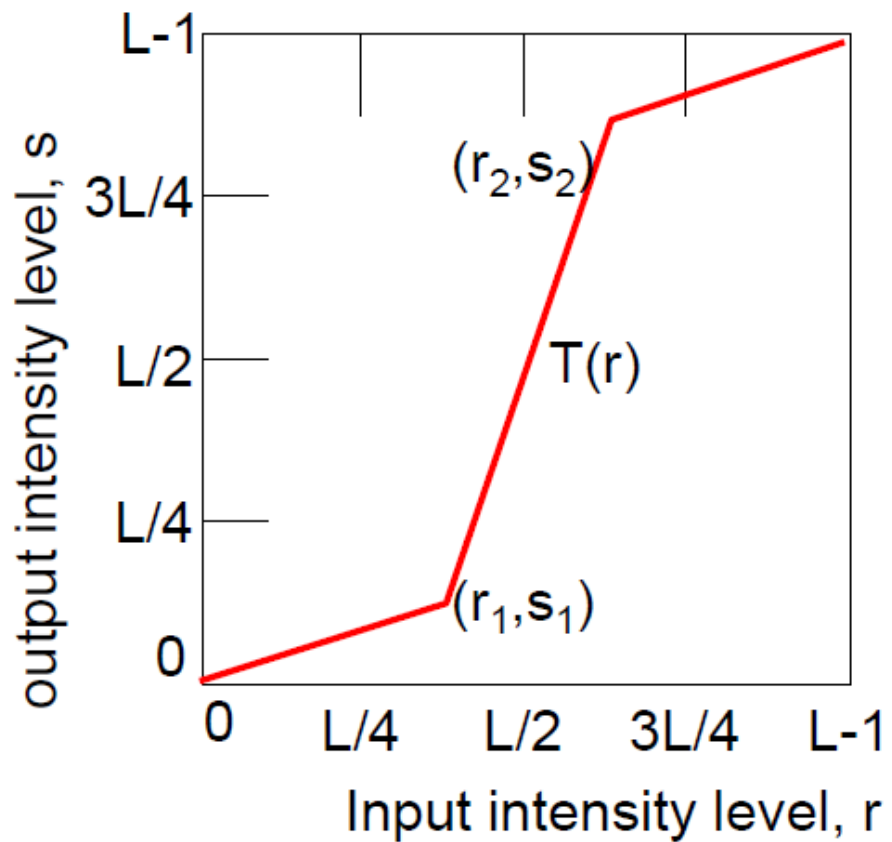
- Lokasi (r_1, s_1) dan (r_2, s_2) menentukan bentuk fungsi transformasi.
- Jika $r_1 = s_1$ dan $r_2 = s_2$ maka transformasi adalah fungsi linier sehingga tidak menghasilkan perubahan.
- Jika $r_1 = r_2$, $s_1 = 0$ dan $s_2 = L-1$, transformasi menjadi fungsi pengambangan yang menghasilkan citra biner.
- Nilai-nilai di antara (r_1, s_1) and (r_2, s_2) menghasilkan penyebaran nilai keabuan citra luaran.
- Umumnya diasumsikan $r_1 \leq r_2$ dan $s_1 \leq s_2$



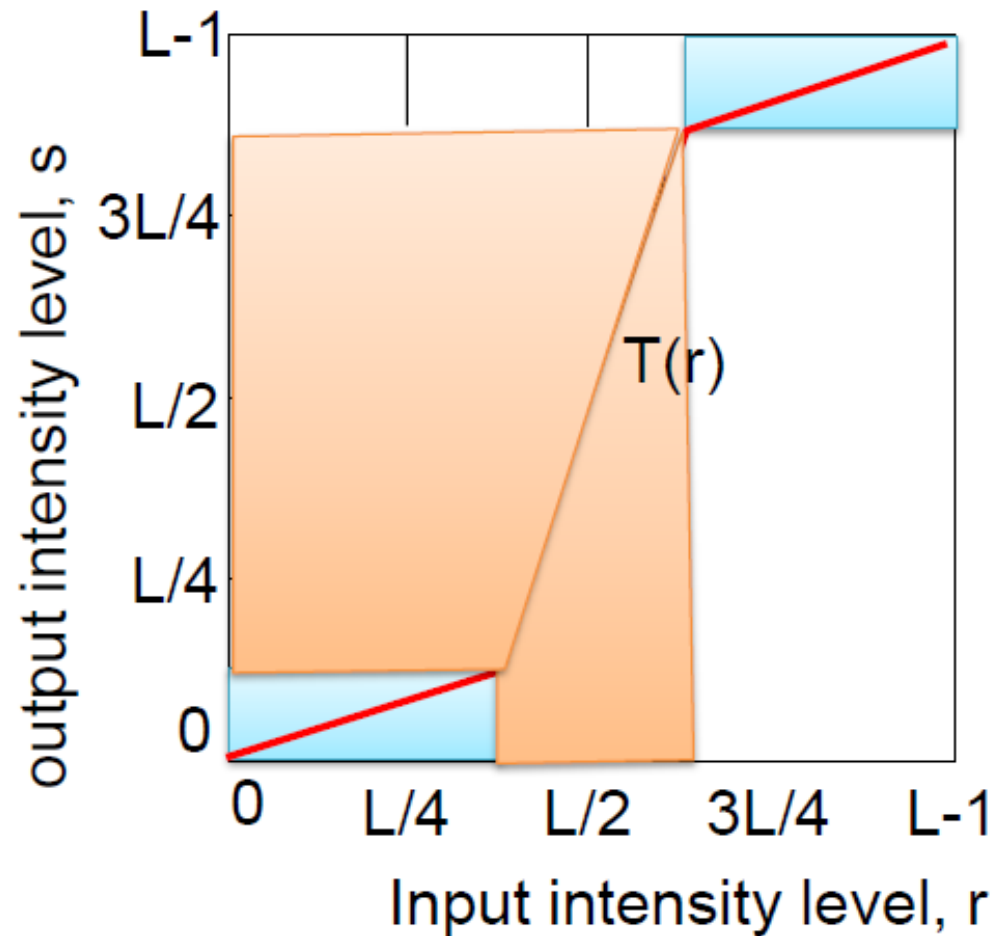
Jika $r_1 = s_1$ dan $r_2 = s_2$



Jika $r_1=r_2$, $s_1=0$ dan $s_2=L - 1$



Nilai-nilai di antara (r_1, s_1) and (r_2, s_2) menghasilkan penyebaran nilai keabuan citra luaran.



Algoritma peregangan kontras

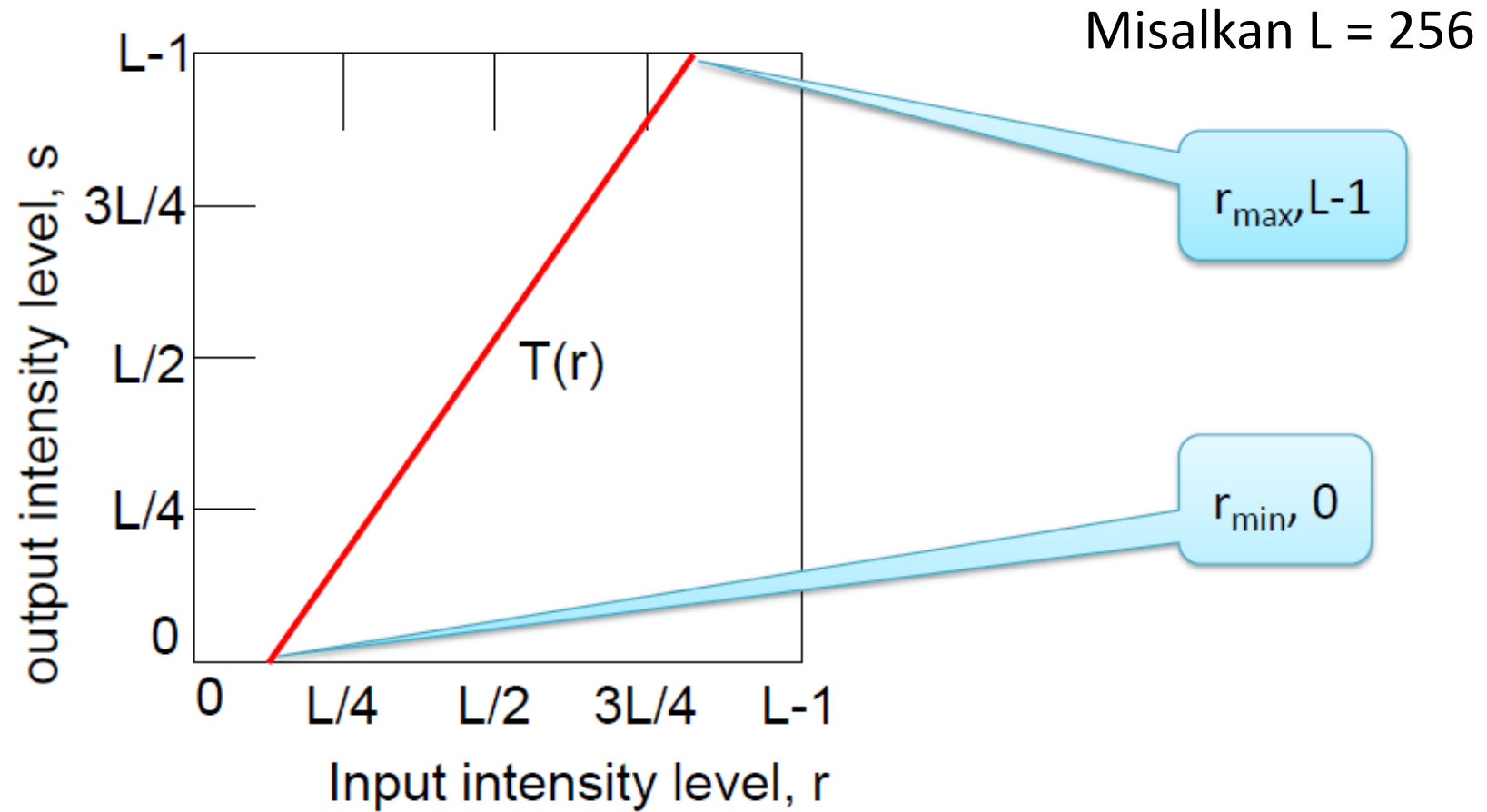
Input: I (citra masukan), a dan b (nilai ambang)

Luaran: O (citra luaran)

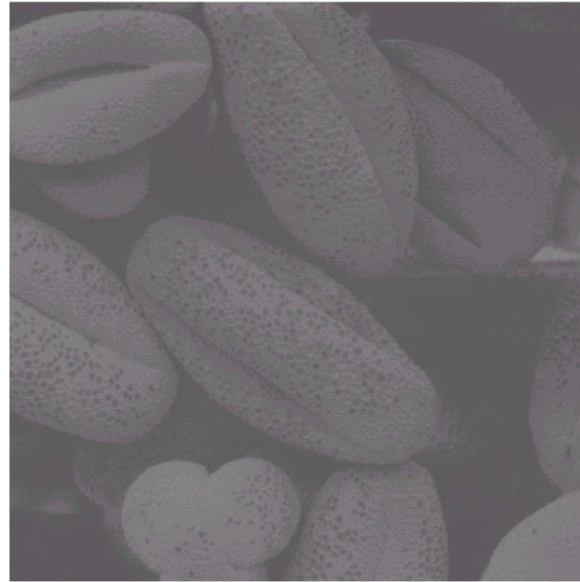
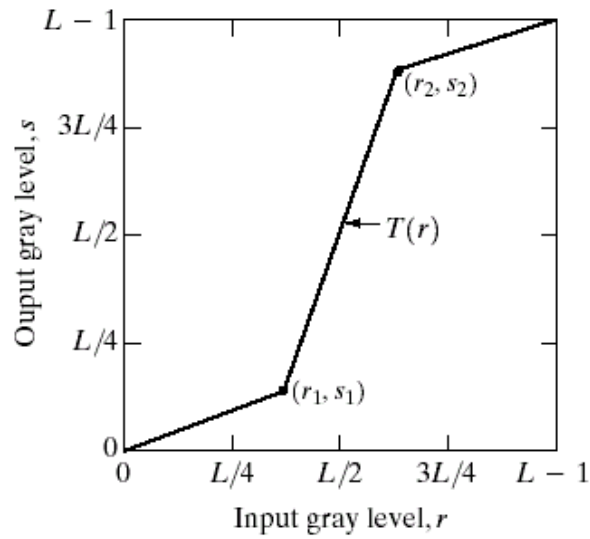
1. Misalkan citra I memiliki 256 derajat keabuan ($L = 256$).
2. Tentukan dua nilai ambang (a dan b). (a dan b menyatakan persentase, yaitu $a\%$ akan dinyatakan sebagai *pixel* hitam dan antara $b\%$ s/d 100% sebagai *pixel* putih)
3. Cari batas bawah pengelompokan *pixel* dengan cara memindai (*scan*) histogram dari nilai keabuan terkecil ke nilai keabuan terbesar (0 sampai 255) untuk menemukan *pixel* pertama yang melebihi nilai ambang pertama yang telah dispesifikasikan.
4. Cari batas atas pengelompokan *pixel* dengan cara memindai histogram dari nilai keabuan tertinggi ke nilai keabuan terendah (255 sampai 0) untuk menemukan *pixel* pertama yang lebih kecil dari nilai ambang kedua yang dispesifikasikan.
5. Misalkan r_{\min} adalah nilai keabuan terendah dari kelompok *pixel*, dan r_{\max} adalah nilai keabuan tertinggi dari kelompok *pixel*
6. *Pixel-pixel* yang nilainya $\leq r_{\min}$ di-set sama dengan 0, sedangkan *pixel-pixel* yang nilainya $\geq r_{\max}$ di-set sama dengan 255. Jadi, $(r_1, s_1) = (r_{\min}, 0)$ dan $(r_2, s_2) = (r_{\max}, 255)$.
4. *Pixel-pixel* yang berada di antara r_{\min} dan r_{\max} dipetakan (diskalakan) secara proporsional untuk memenuhi rentang nilai-nilai keabuan yang lengkap (0 sampai 255), misalnya dengan persamaan:

$$s = 255(r - r_{\min}) / (r_{\max} - r_{\min})$$

Contoh: $(r_1, s_1) = (r_{\min}, 0)$ and $(r_2, s_2) = (r_{\max}, L-1)$

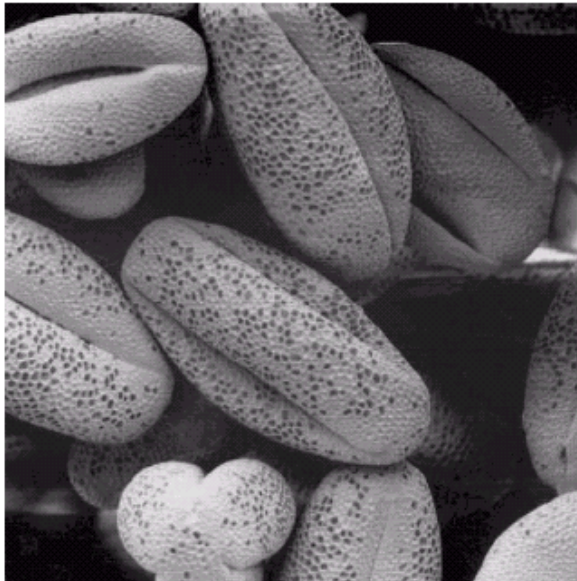


Contoh:

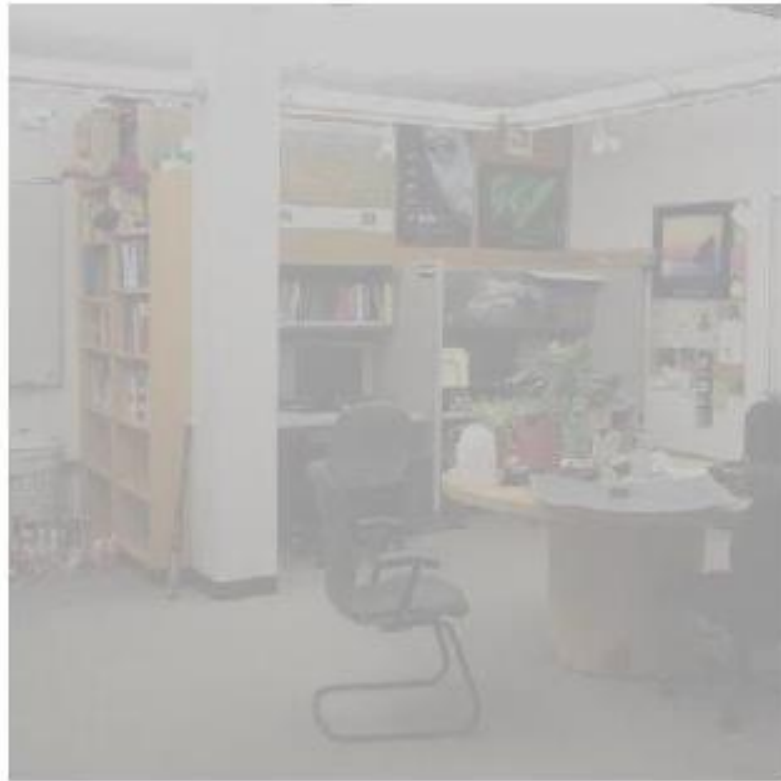


a b
c d

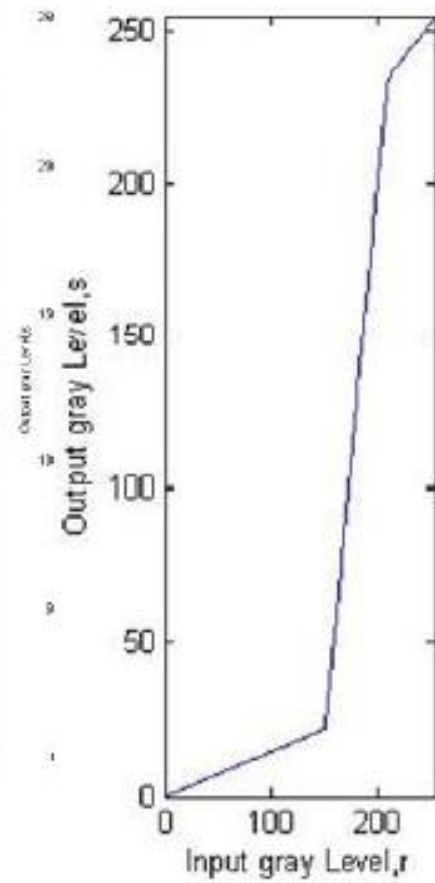
FIGURE 3.10 Contrast stretching. (a) Form of transformation function. (b) A low-contrast image. (c) Result of contrast stretching. (d) Result of thresholding. (Original image courtesy of Dr. Roger Heady, Research School of Biological Sciences, Australian National University, Canberra, Australia.)



Jika $r_1 = r_2 = m$, maka hasilnya sama dengan operasi pengembangan, menghasilkan citra biner, seperti gambar d



Original Image

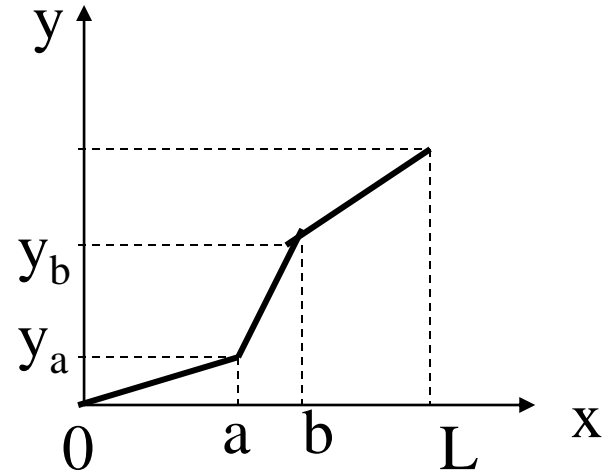


Enhanced Image

Sumber gambar: Ehsan Khoramshahi,
Image enhancement in spatial domain

- Peregangan kontras juga dapat dilakukan dengan rumus berikut:

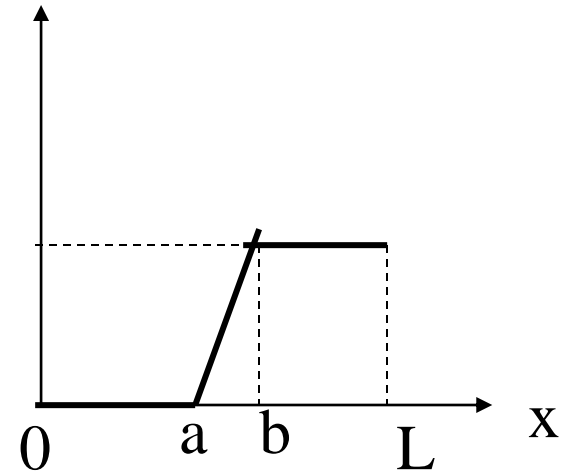
$$y = \begin{cases} \alpha x & 0 \leq x < a \\ \beta(x-a) + y_a & a \leq x < b \\ \gamma(x-b) + y_b & b \leq x < L \end{cases}$$



$$a = 50, b = 150, \alpha = 0.2, \beta = 2, \gamma = 1, y_a = 30, y_b = 200$$

atau menggunakan rumus *clipping* berikut:

$$y = \begin{cases} 0 & 0 \leq x < a \\ \beta(x - a) & a \leq x < b \\ \beta(b - a) & b \leq x < L \end{cases}$$

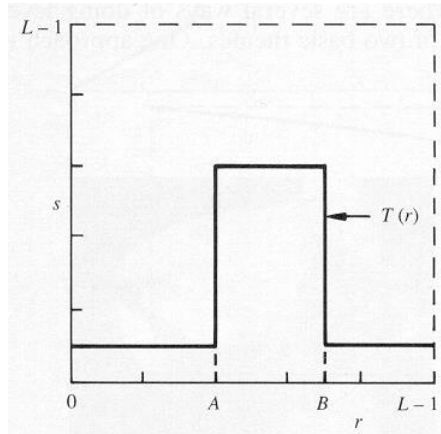


$$a = 50, b = 150, \beta = 2$$

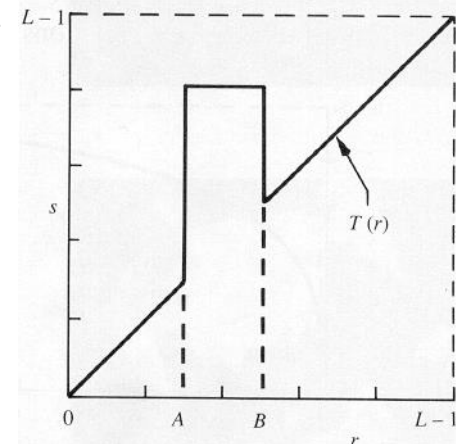
4. Gray-level Slicing

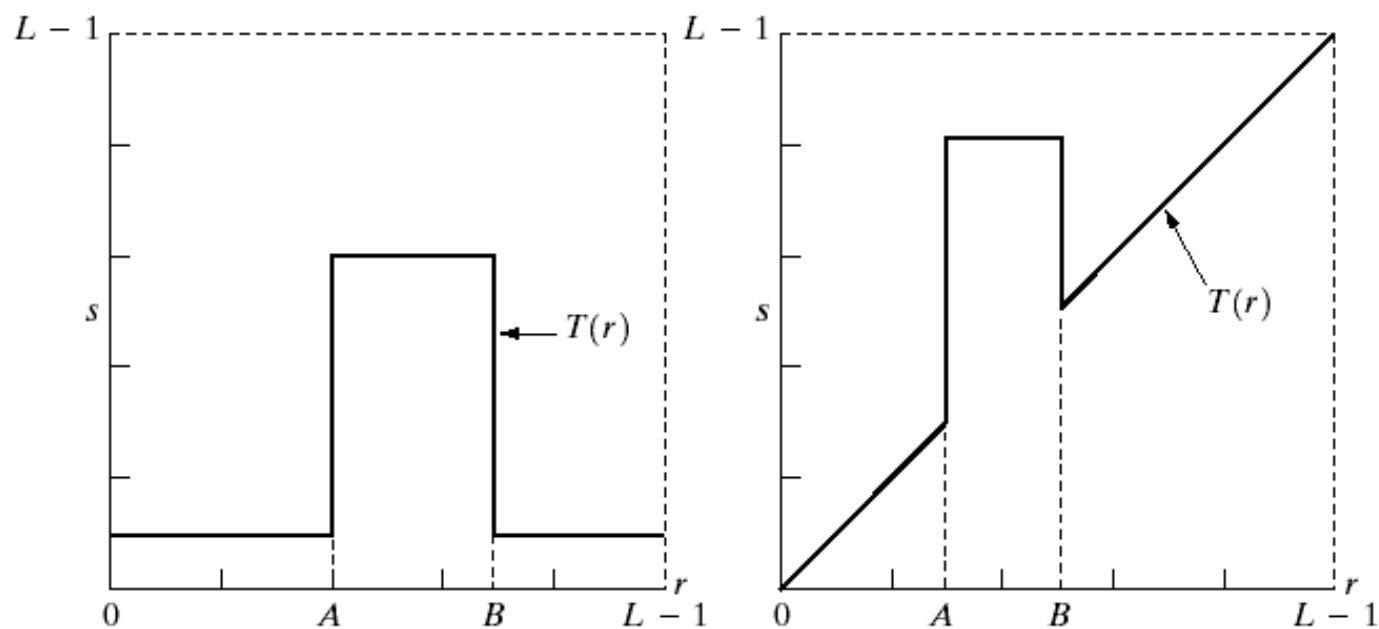
- Tujuan: menonjolkan (*highlight*) rentang keabuan tertentu di dalam citra.
- Contoh: menonjolkan gumpalan air yang ada pada citra satelit, menonjolkan cacat yang ada pada citra sinar X.
- Dua pendekatan di dalam *graylevel slicing*:

1. Menampilkan lebih terang semua *graylevel* di dalam rentang yang ingin ditonjolkan, dan menampilkan lebih gelap semua *graylevel* lainnya (*'discard background'*).



2. Menampilkan lebih terang semua *graylevel* di dalam rentang yang ingin ditonjolkan, sembari tetap mempertahankan *graylevel* lainnya (*'preserve background'*).





a	b
c	d

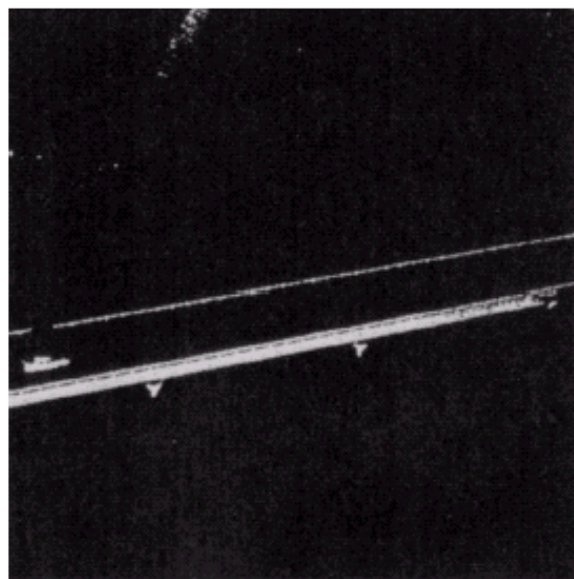
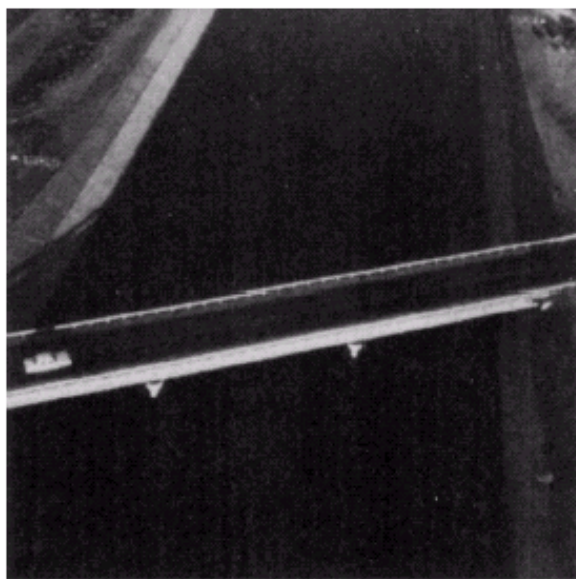
FIGURE 3.11

(a) This transformation highlights range $[A, B]$ of gray levels and reduces all others to a constant level.

(b) This transformation highlights range $[A, B]$ but preserves all other levels.

(c) An image.

(d) Result of using the transformation in (a).



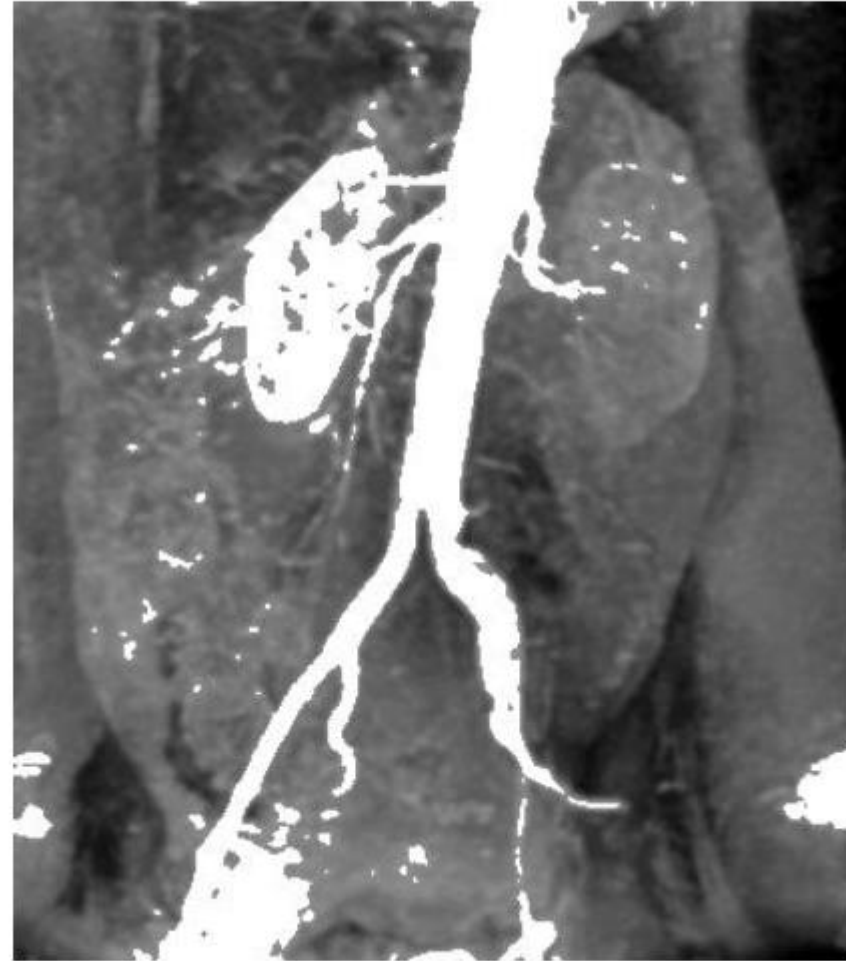
```

clear all ;
clc;
[filename, pathname] = uigetfile('*.tif');
im = imread([pathname filename]);
z=double(im);
[row,col]=size(z);
for i=1:1:row
    for j=1:1:col
        if ((z(i,j)>142)) && (z(i,j)<250)
            z(i,j)=255;
        else
            z(i,j)=im(i,j);
        end
    end
end
end
figure(1); %-----Original Image-----%
imshow(im);
figure(2); %-----Gray Level Slicing With Background-----%
imshow(uint8(z));

```

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

Intensity Level slicing (Example)



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

```
clear all ;
clc;
[filename, pathname] = uigetfile('*.tif');
im = imread([pathname filename]);
z=double(im);
[row,col]=size(z);
for i=1:1:row
    for j=1:1:col
        if ((z(i,j)>142)) && (z(i,j)<250)
            z(i,j)=255;
        else
            z(i,j)=0;
        end
    end
end
end
figure(1); %-----Original Image-----%
imshow(im);
figure(2); %-----Gray Level Slicing With Background-----%
imshow(uint8(z));
```

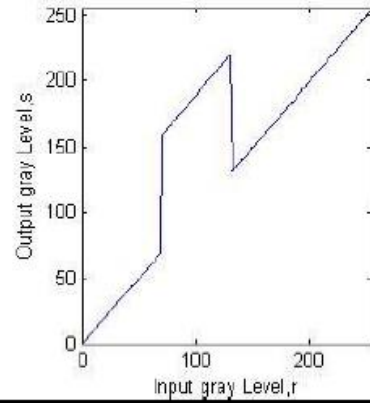
Sumber: Image Processing By Dr. Jagadish Nayak ,BITS Pilani, Dubai Campus

Intensity Level slicing (Example)



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

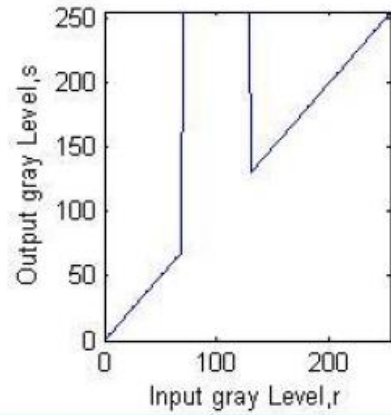
Slicing Example



Original Image



Enhanced Image



Original Image



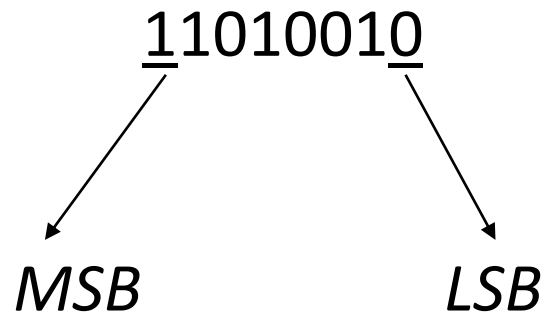
Enhanced Image

Sumber gambar: Ehsan Khoramshahi,
Image enhancement in spatial domain

5. Bit-plane Slicing

- Tujuan: Menonjolkan kontribusi dari bit tertentu di dalam citra.
- Misalkan satu pixel = 8 bit. Bit-bit tersusun dari kiri ke kanan dalam urutan yang kurang berarti (*least significant bits* atau *LSB*) hingga bit-bit yang berarti (*most significant bits* atau *MSB*).
- Susunan bit pada setiap *byte* adalah $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$.

Contoh:



- Jika setiap bit dari setiap *pixel* diambil, maka diperoleh 8 buah bidang (*bit-plane*).

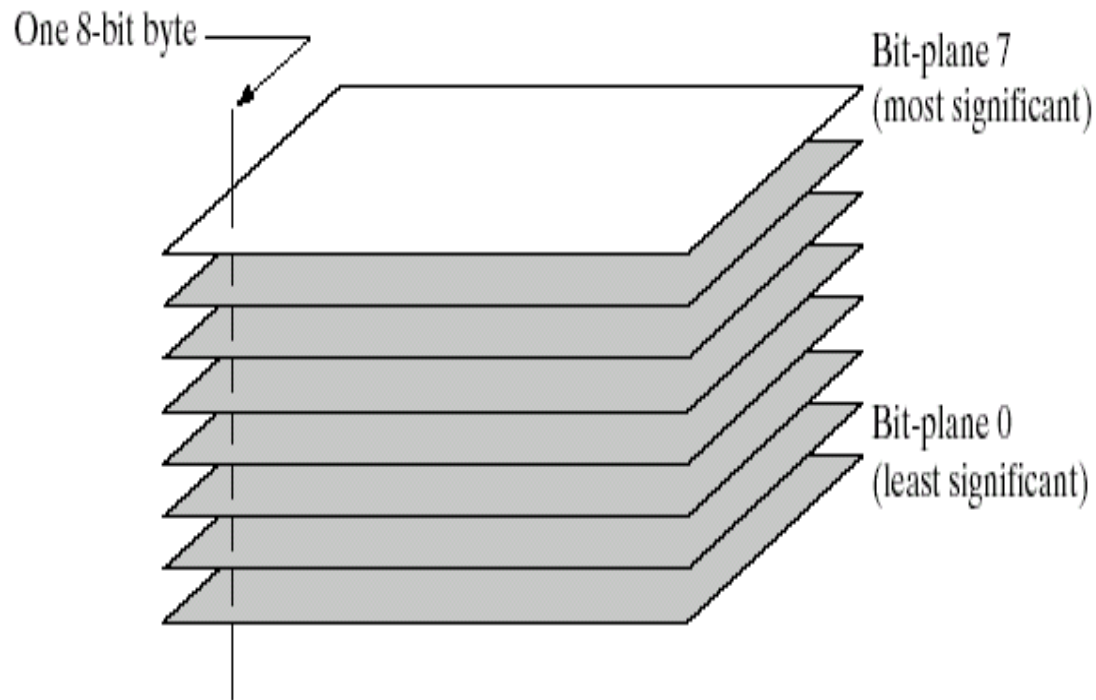


FIGURE 3.12
Bit-plane
representation of
an 8-bit image.

Contoh:

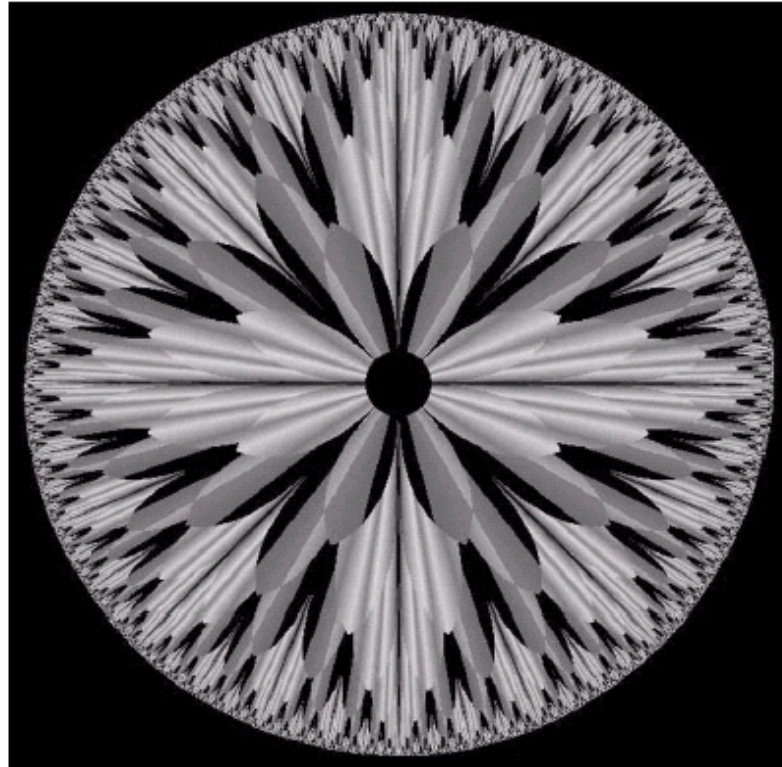


FIGURE 3.13 An 8-bit fractal image. (A fractal is an image generated from mathematical expressions). (Courtesy of Ms. Melissa D. Binde, Swarthmore College, Swarthmore, PA.)

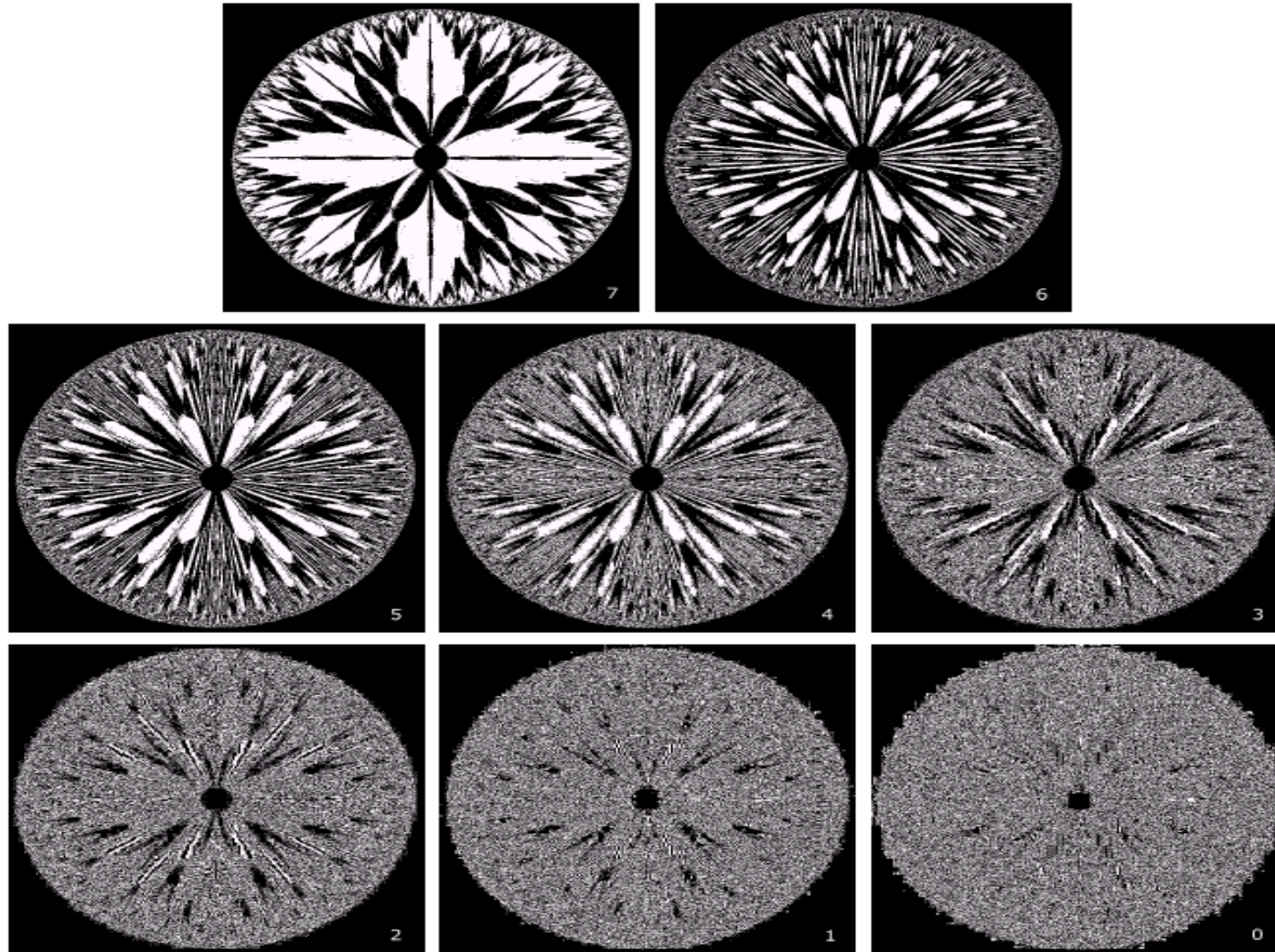


FIGURE 3.14 The eight bit planes of the image in Fig. 3.13. The number at the bottom, right of each image identifies the bit plane.

Bit-plane 7		Bit-plane 6	
Bit-plane 5	Bit-plane 4	Bit-plane 3	
Bit-plane 2	Bit-plane 1	Bit-plane 0	



Original image



Bitplane 7



Bitplane 6



Bitplane 5



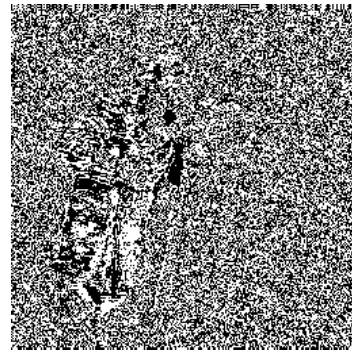
Bitplane 4



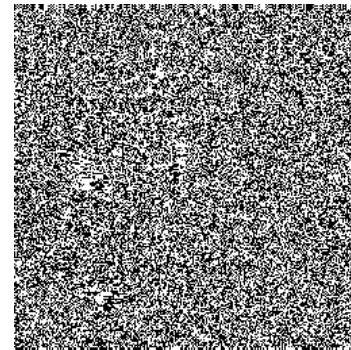
Bitplane 3



Bitplane 2



Bitplane 1



Bitplane 0