

Image Processing **(Pengolahan Citra)**

Semester Genap Tahun 2019-2020

Jam 08:00 s.d. 10:30

Pengajar: Mohammad Agung Wibowo, M.Kom.

STT Nurul Fikri

Slides by: Prof. Dr. Aniati Murni Arymurthy (FASILKOM UI)



Pengolahan Citra Berwarna

Semester Gasal / Tahun 2016-2017

3 Oktober, 2016 Jam 10.00-11.40 Ruang 2.2301

Pengajar: Prof.Dr. Aniati Murni Arymurthy

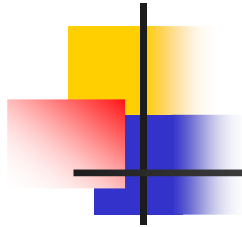
Asisten: Vina Ayumi, M.Kom

and Darmatista Pahelai, M.Kom

Faculty of Computer Science

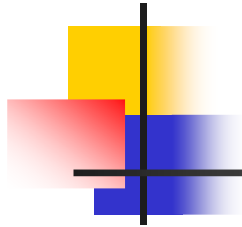
University of Indonesia

©FasilkomUI



Acuan

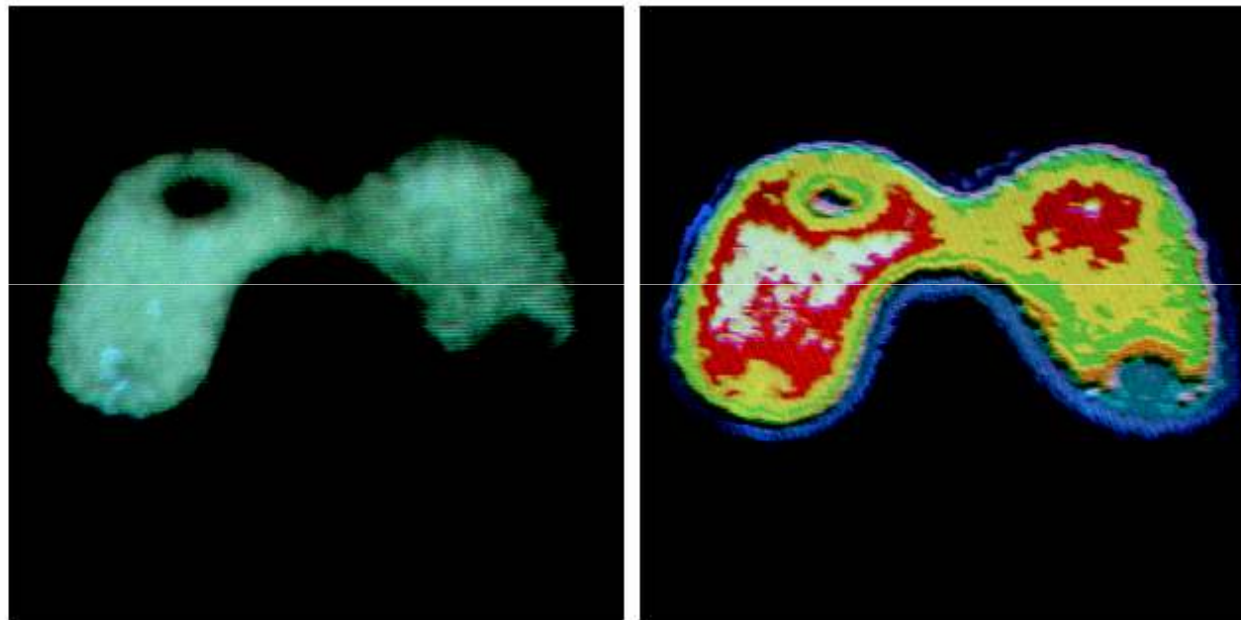
- Digital Image Processing, 2nd Ed, Gonzalez & Woods, Chapter 6. Semua gambar di slide ini diambil dari buku Digital Image Processing 2nd Ed.
- http://www.cn.nctu.edu.tw/faculty/pclo/Www/teach_research/ImageProcessing/Chapter_6_2003.pdf



Pengolahan Citra Berwarna

- Mengapa kita menggunakan citra berwarna (motivasi):
 - Dalam analisa citra otomatis, **warna merupakan deskriptor yang sangat berguna** → menyederhanakan proses identifikasi dan ekstraksi objek pada citra
 - Mata manusia dapat membedakan ribuan warna dan intensitas
- Bagian dari pengolahan citra berwarna:
 - Pengolahan **full-color** → citra diperoleh dengan sensor full-color (kamera TV berwarna atau scanner berwarna, dll)
 - Pengolahan **pseudo-color** → diperoleh dengan cara meng-assign warna pada kisaran keabuan.

Contoh



a b

FIGURE 6.20 (a) Monochrome image of the Picker Thyroid Phantom. (b) Result of density slicing into eight colors. (Courtesy of Dr. J. L. Blankenship, Instrumentation and Controls Division, Oak Ridge National Laboratory.)

Spektrum warna

- Cahaya matahari yang dilewatkan pada prisma menghasilkan *spectrum* warna.
- 'warna' objek yang diterima oleh penglihatan manusia ditentukan oleh cahaya yang dipantulkan oleh objek tersebut.

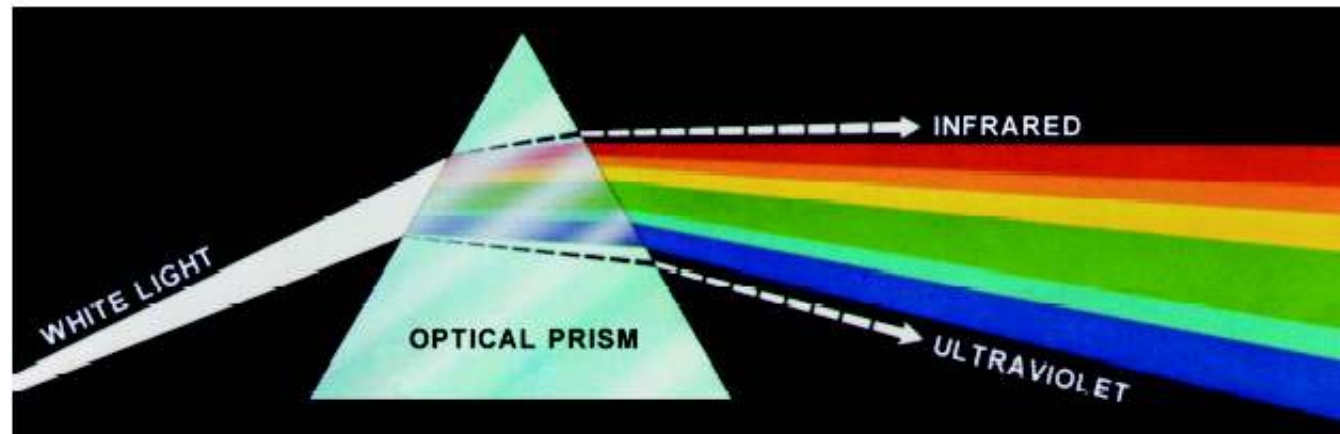
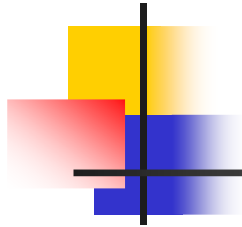


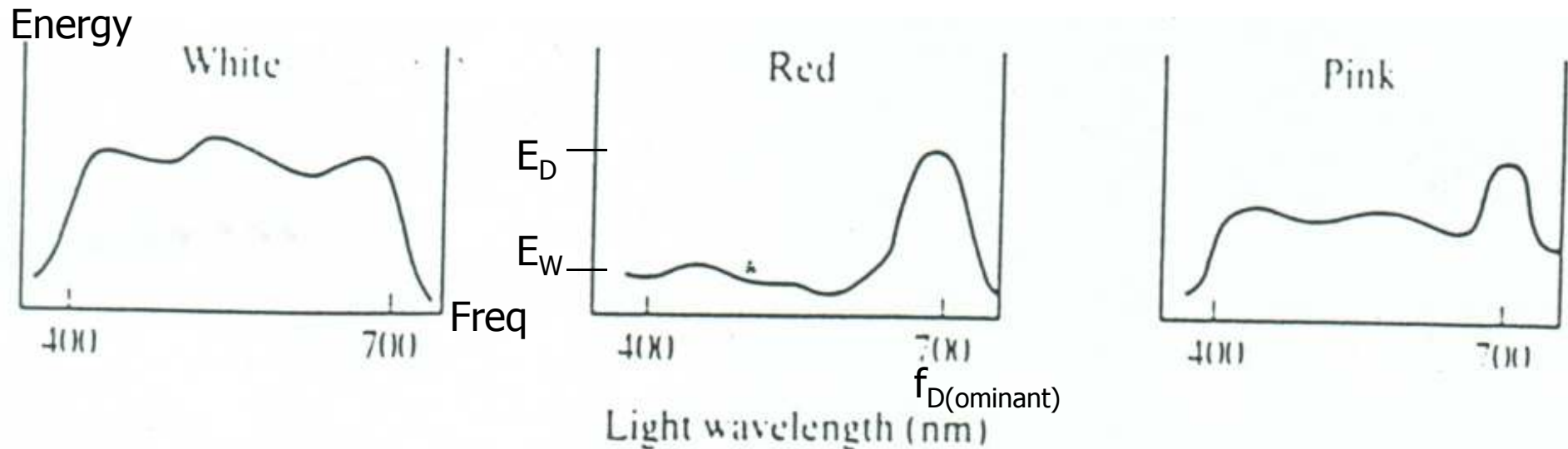
FIGURE 6.1 Color spectrum seen by passing white light through a prism. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)



Akromatik vs Kromatik

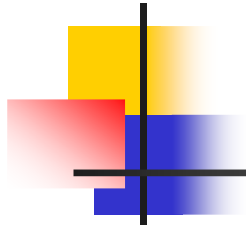
- Cahaya akromatik: **tidak berwarna** (visible, equal weights), hanya menggunakan intensitas yang diukur dengan tingkat keabuan. Contoh: sun light, black color, gray levels, TV hitam-putih, citra monokrom yang kita gunakan
- Cahaya kromatik (coloured light): **panjang gelombang 400~700 nm**. Tiga satuan yang digunakan untuk mendeskripsikan **kualitas dari sumber cahaya kromatik**: Radiance, Luminance, Brightness
- Monochromatic light: terdiri dari single wavelength (very narrow bandwidth), 100% pure, difficult to find real life example

Contoh beberapa cahaya kromatik



Three basic properties of light:

- Hue (color) = dominant frequency (red)
- Brightness (luminance/intensity) = area under curve
The term lightness is used for reflected light
The term of brightness is used for emitted light
- Purity (saturation) = $(E_D - E_W)/E_D$ = 0, $E_D = E_W$
= 1, $E_D \gg E_W$ ($E_W \sim 0$)



Cahaya Kromatik

- Radiance:
 - Jumlah **energi yang memancar dari sumber cahaya** (dalam satuan watt)
- Luminance:
 - Jumlah **energi yang diterima oleh observer** dari sumber cahaya (dalam satuan lumens, lm). Contoh: sinar inframerah memiliki radiansi yang besar tapi nyaris tidak dapat dilihat oleh observer
- Brightness:
 - **Deskriptor yang subjektif**, mirip dengan pengertian **intensitas pada akromatik**, adalah satu faktor penentu dalam menggambarkan sensasi warna

Gelombang warna

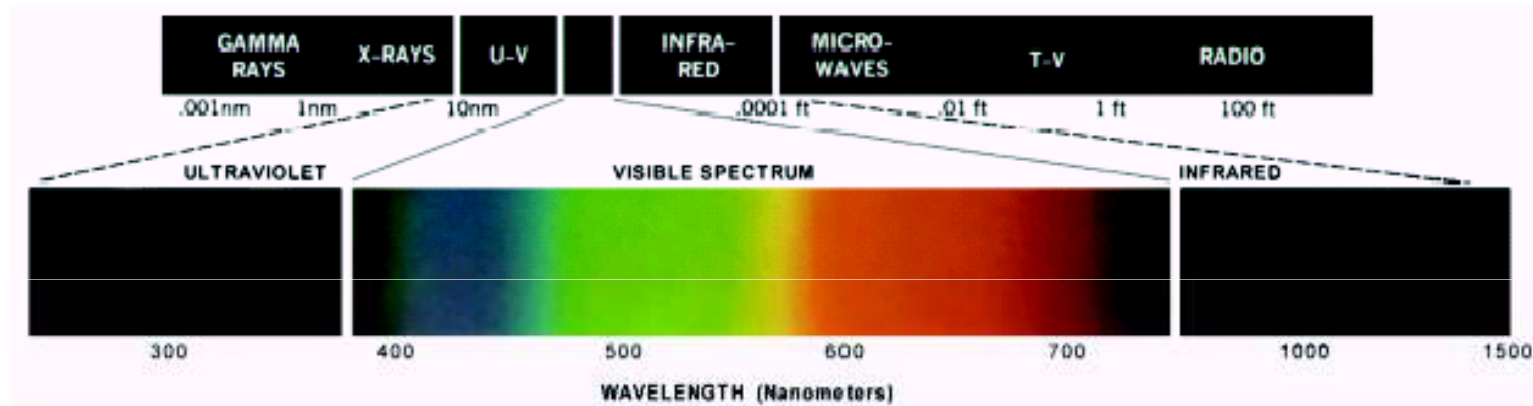
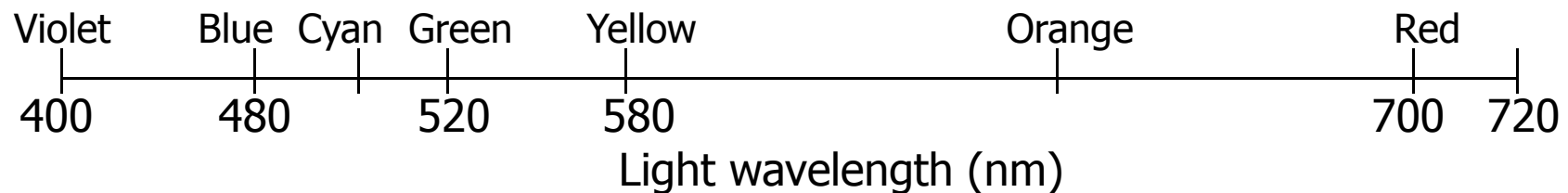
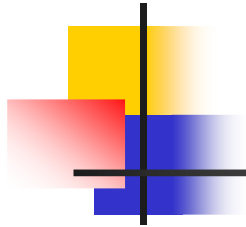


FIGURE 6.2 Wavelengths comprising the visible range of the electromagnetic spectrum. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

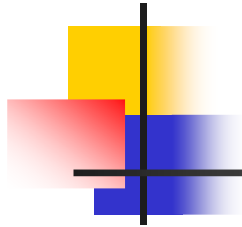
Cahaya merupakan enersi electromagnetik dimana antara panjang gelombang 400 sd 700 nm merupakan spektrum visible dari violet, indigo, blue, green, yellow, orange ke merah





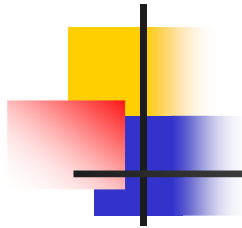
Intuitive color model

- Appropriate for user interfaces:
 - User selects a hue (pure colour): warna primer atau komplemen
 - Shades: menambah warna hitam
 - Tints: menambah warna putih
 - Tones: menambah campuran warna putih dan hitam
- This intuitive representation then converted to parameters in a color model appropriate to output device



Combining light sources

- **Complementary Colours:** two colours that combine to produce white light (ex. Red and Cyan, where $\text{Cyan} = \text{Green} + \text{Blue}$)
- **Primary Colours:** any set of colours used to generate other colours
- **Colour gamut:** range of colours that can be generated with a given set of primaries (range warna yang dapat dibentuk oleh suatu set warna primer)



Brightness, hue, saturation

- **Tiga karakteristik yang digunakan untuk membedakan satu warna dengan lainnya**
- **Brightness**: intensitas kromatik (sering disebut gray levels pada citra, sering disebut sebagai radiance atau luminance untuk intensitas cahaya yang dipancarkan, sering disebut sebagai lightness untuk intensitas cahaya yang dipantulkan)
- **Hue**: panjang gelombang dominan dalam campuran gelombang cahaya (warna atau atribut frequency dominan dalam campuran frequency cahaya yang diterima oleh observer). Kita menyebut suatu benda 'merah' atau 'biru' → berarti kita menyebutkan *hue*-nya
- **Purity/Saturation**: kemurnian relatif (pada spektrum warna murni: merah, oranye, kuning, hijau, biru, dan violet tersaturasi penuh) atau derajat banyaknya warna murni dilunakkan dengan warna putih
- Hue + saturasi → kromatisitas



Warna primer vs warna sekunder (pada cahaya)

- Warna primer (additive primaries):
 - red (R), green (G), blue (B)
 - perhatikan bahwa komponen RGB saja tidak bisa menghasilkan semua spektrum warna, kecuali jika panjang gelombangnya juga dapat bervariasi
- Warna sekunder:
 - Magenta (R+B), cyan (G+B), yellow(R+G)
- Campuran 3 warna primer: putih

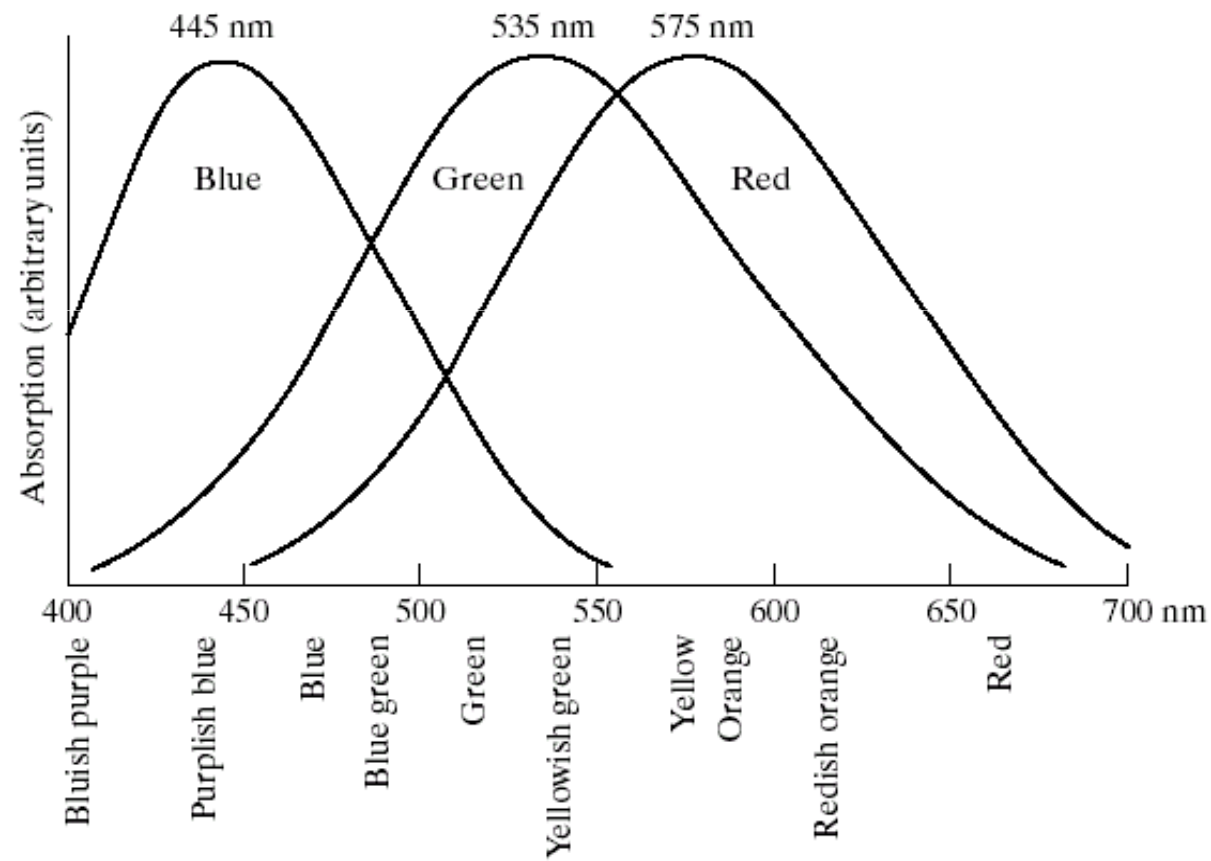
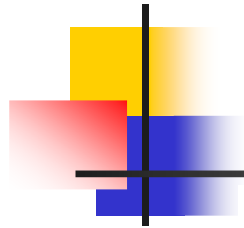
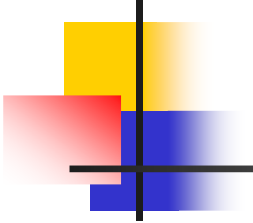
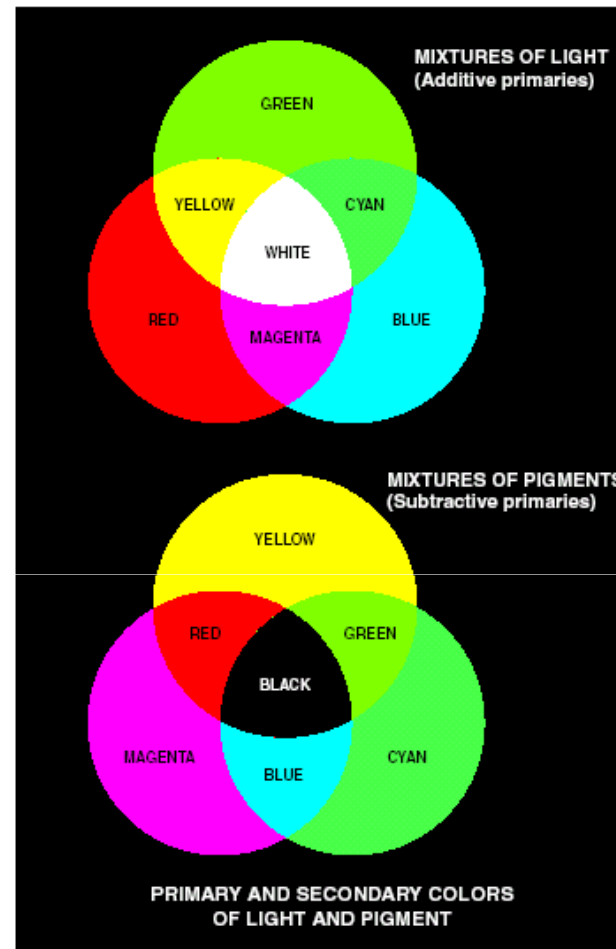
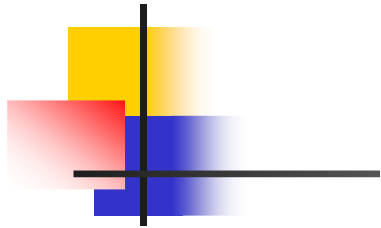


FIGURE 6.3 Absorption of light by the red, green, and blue cones in the human eye as a function of wavelength.



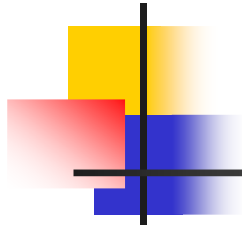
Warna primer vs warna sekunder (pada pigmen)

- Pigments deposited on paper. Colour observed as reflected light from pigments
- Pada pigmen warna primer (subtractive primaries):
 - magenta, cyan, yellow
- Warna sekunder:
 - R,G,B
- Campuran ketiga warna primer: hitam



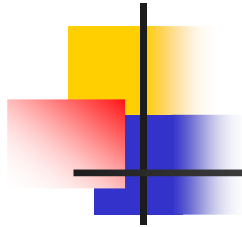
a
b

FIGURE 6.4 Primary and secondary colors of light and pigments. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)



Model Warna

- Memfasilitasi spesifikasi warna, **model warna digunakan untuk menspesifikasikan sebuah sistem koordinat 3D untuk representasi warna**
 - Model warna berorientasi hardware: model **RGB untuk monitor** warna dan kamera video, model **CMY untuk printer** warna, model **YIQ untuk siaran TV** warna (**user interfaces**)



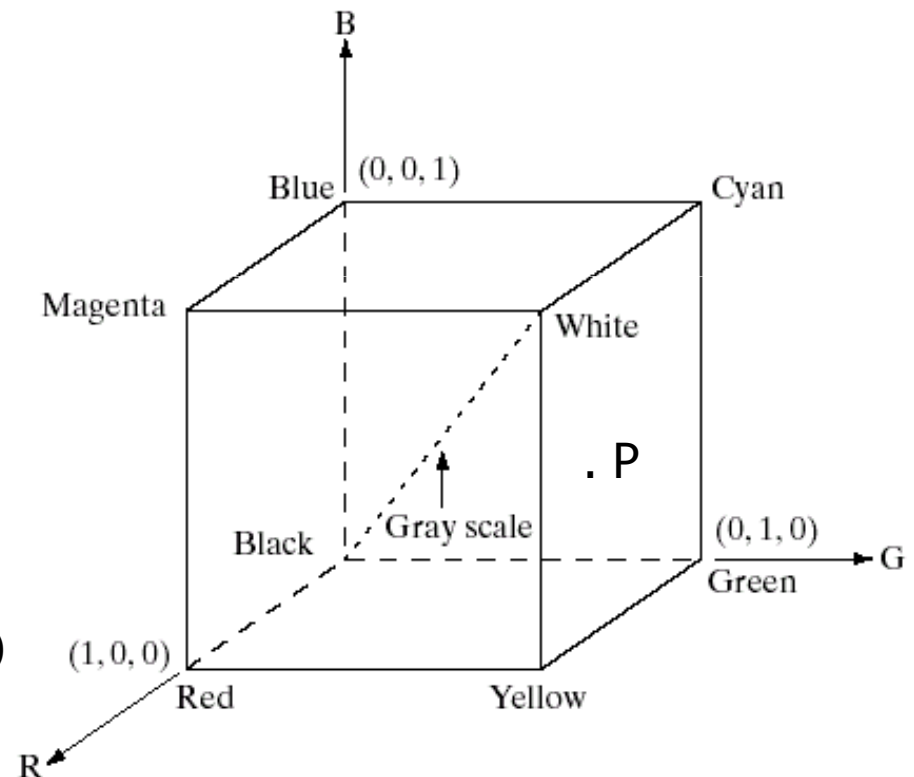
Model RGB - unit cube

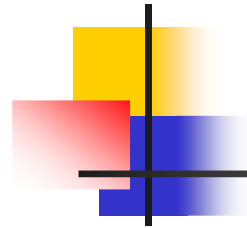
FIGURE 6.7

Schematic of the RGB color cube. Points along the main diagonal have gray values, from black at the origin to white at point (1, 1, 1).

- Standard model for color monitor
- Based on tri-stimulus theory of color vision:
3 type of cones on retina, with peak sensitivities at certain RGB frequencies (trichromatic theory of specifying colour)
- An additive model: Phosphor intensities add to produce perceived colour

$$\bar{P} = r\bar{R} + g\bar{G} + b\bar{B}$$





Model RGB: kubus warna

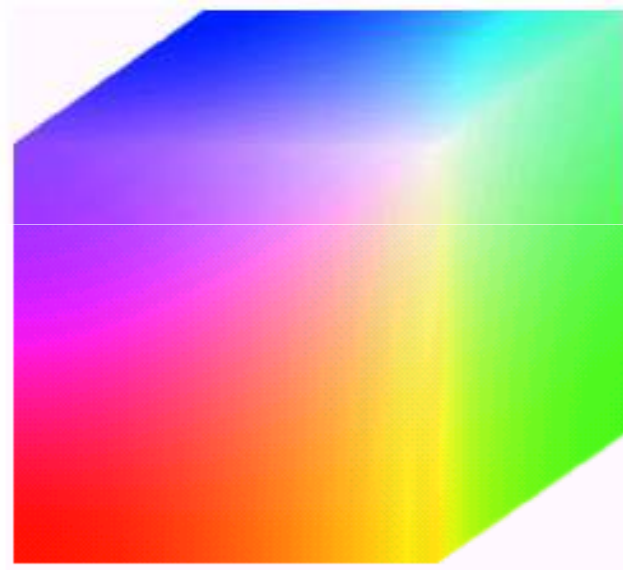
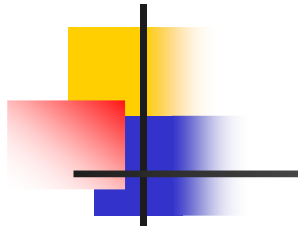


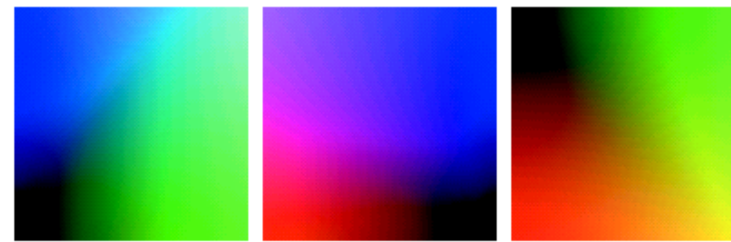
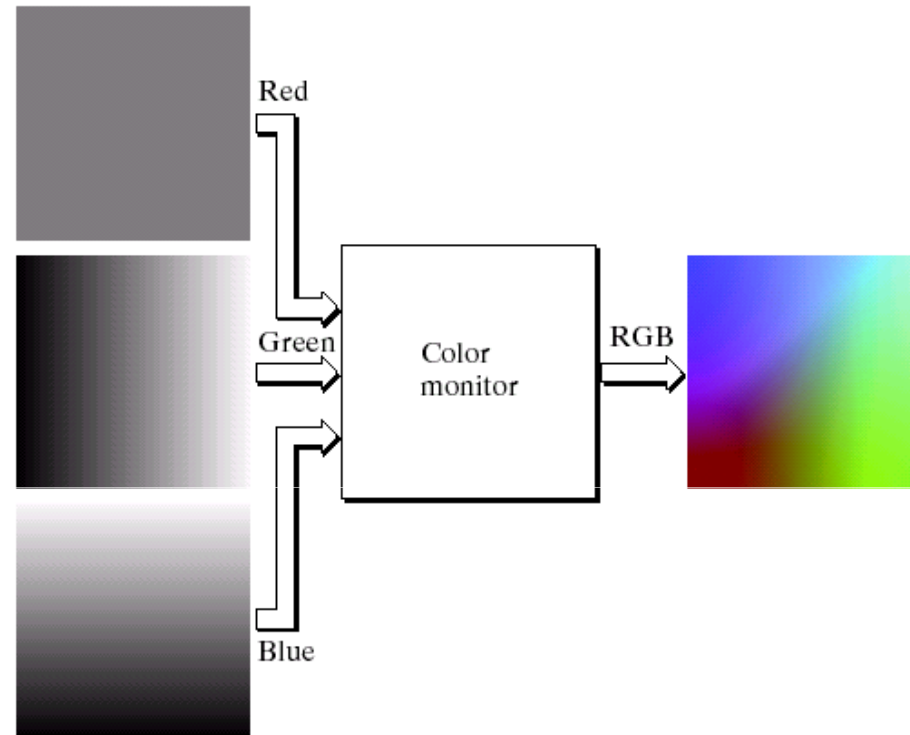
FIGURE 6.8 RGB 24-bit color cube.



a
b

FIGURE 6.9

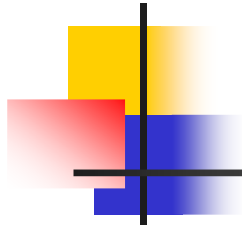
(a) Generating the RGB image of the cross-sectional color plane ($127, G, B$).
(b) The three hidden surface planes in the color cube of Fig. 6.8.



($R = 0$)

($G = 0$)

($B = 0$)

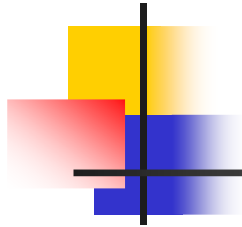


Model CMY

- Model CMY digunakan untuk membuat output hardcopy
- Cyan Magenta Yellow are known as subtractive primaries
- Asumsikan semua nilai warna dinormalisasi menjadi [0,1]
- CMYK → K adalah warna keempat: hitam; karena CMY yang dicampur tidak dapat menghasilkan warna hitam pekat, sedangkan seringkali kita harus mencetak dengan warna hitam pekat.

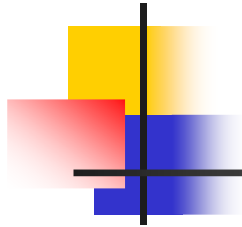
- Rumusan:

$$\begin{array}{l} C = 1 - R \\ M = 1 - G \\ Y = 1 - B \end{array}$$



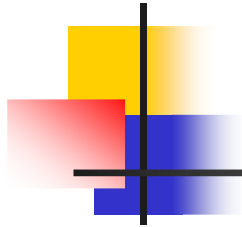
Model CMY – unit cube

- A subtractive process:
$$\begin{aligned}C &= W - R & (= G + B) \\M &= W - G & (= R + B) \\Y &= W - B & (= R + G)\end{aligned}$$
- Deposit CMY color dot patterns
similar to RGB phosphor dots
- Use 4 dots: CMY + Black



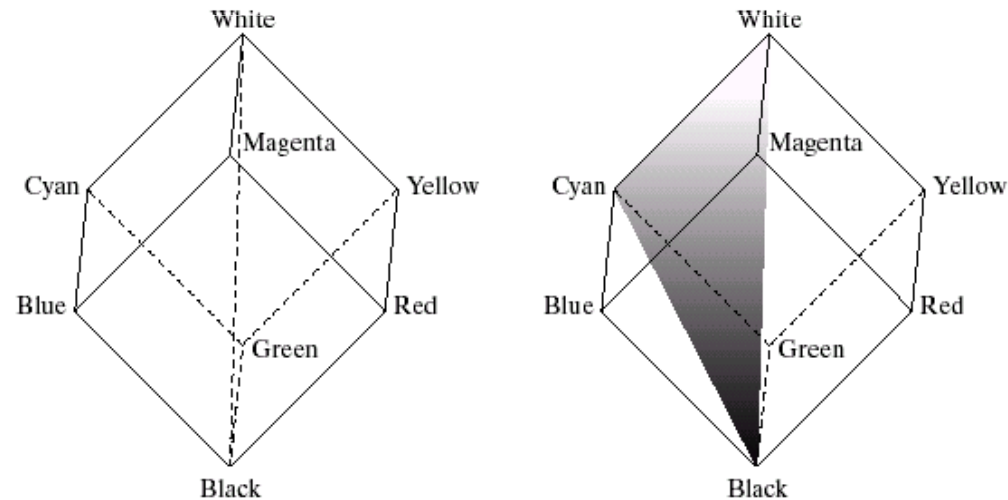
Model HSI

- RGB dan CMY tidak cocok untuk mendeskripsikan colors berdasarkan interpretasi manusia
- Hue (H), Saturation (S), Intensitas (I)
 - Hue: mendeskripsikan warna murni
 - Saturasi: derajat banyaknya warna murni dilunakkan dengan warna putih
 - Intensitas: menggabungkan informasi warna dari H dan S



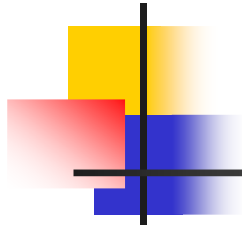
Model HSI

- I (intensity) → garis yang menghubungkan titik black dan white (sumbu intensitas)
- Menyatakan keabuan



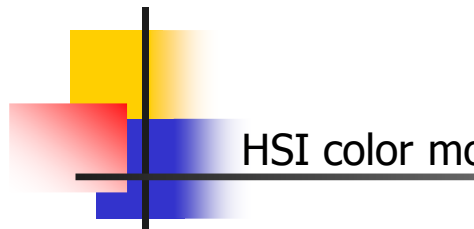
a b

FIGURE 6.12 Conceptual relationships between the RGB and HSI color models.

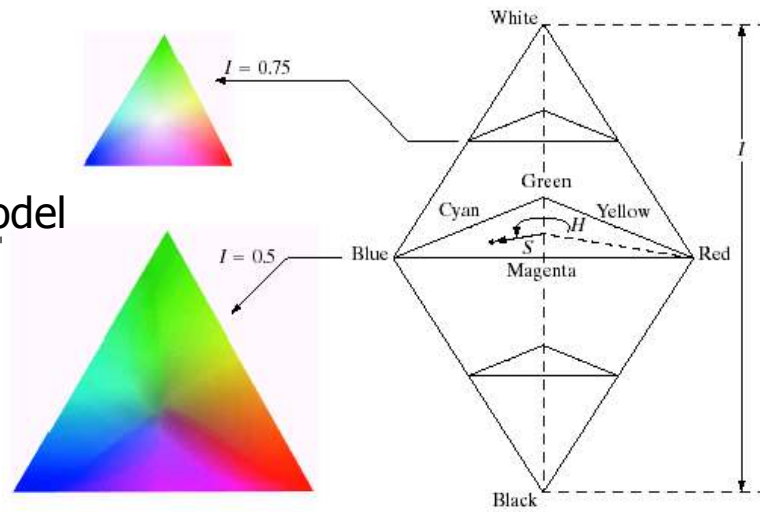


Model HSI

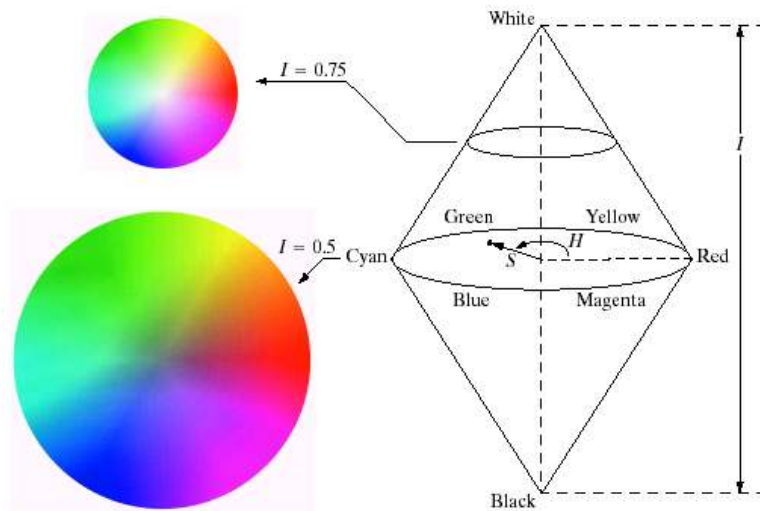
- H (hue) → semua titik pada bidang yang dibatasi oleh titik black, white dan warna-x, memiliki hue yang sama, yaitu warna-x.
- Contoh pada gambar sebelumnya: warna-x: cyan
- S (saturasi) → untuk menentukan saturasi (kemurnian) dari warna-x: buat bidang dari titik warna-x tegak lurus dengan sumbu intensitas dan memiliki hue yang sama. Saturasi adalah *jarak terdekat* antara titik warna-x dengan sumbu intensitas



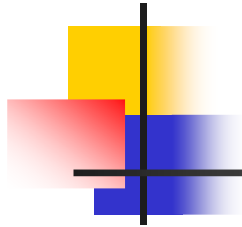
HSI color model



Based on triangular color planes



Based on circular color planes



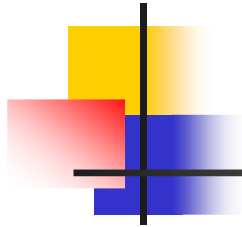
RGB to HSI

- $H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases}$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\}$$

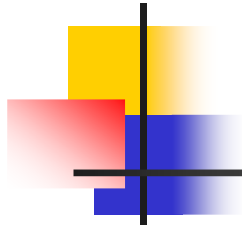
- $S = 1 - [\{3/(R+G+B)\} * \{\min(R, G, B)\}]$

- $I = (R+G+B)/3$



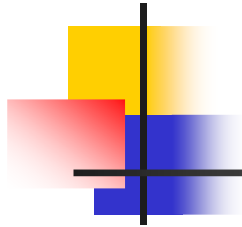
HSI to RGB

- HSI nilainya ada pada interval $[0,1]$ dan diubah menjadi hue pada original range yaitu dikali dengan 360° menjadi $[0^\circ, 360^\circ]$
- Nilai RGB tergantung apakah hue ada di RG sector atau GB sector atau BR sector (bisa dilihat di buku Gonzalez and Woods)



Model YUV

- Most newer systems from PAL onward, prefer the technically easier-to-use YUV color space.
- The Y is used to encode **luminance** information, and is the only component used by black-and-white television receivers.
- The U and V signals contain **the actual color information**.



RGB \leftrightarrow YUV transformation

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$U = -0.147R - 0.289G + 0.436B$$

$$V = 0.615R - 0.515G - 0.100B$$

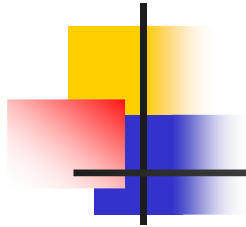
Read more: <http://www.answers.com/topic/yuv-rgb-conversion-formulas#ixzz28ycclZml>

$$R = Y + 1.140V$$

$$G = Y - 0.395U - 0.581V$$

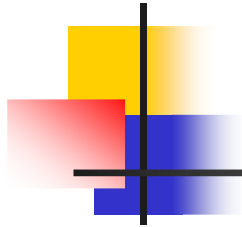
$$B = Y + 2.032U$$

Read more: <http://www.answers.com/topic/yuv-rgb-conversion-formulas#ixzz28yclwVQU>



Model YIQ

- YIQ (Y for **luminance**, I for **in-phase** and Q for **quadrature**), is used in commercial colour TV broadcasting (like YUV)
- YIQ is used predominantly by the NTSC television standard. The Y component is the same as the CIE Y primary, is used to encode **luminance** information (used for BW TV), and the I and Q signals contain **the actual color information**.
- I-Q plane differs from the U-V plane by a simple 33-degree rotation and axis-swap. This rotation puts the I color axis in the orange region of the color space, which is where **flesh tones are found**.
- NTSC bandwidths used for Y, I, and Q are 4 MHz, 1.5 MHz and 0.6 MHz respectively

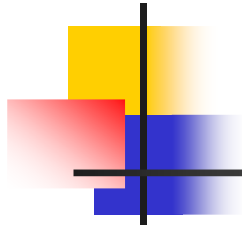


RGB \leftrightarrow YIQ conversion

- A formula exists for converting colors from the RGB color space to YIQ. This formula, where R, G, and B are defined on a scale from zero to one, is shown below.
- The approximate value of the matrix is:

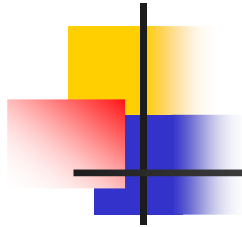
$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +0.299 & +0.587 & +0.114 \\ +0.595716 & -0.274453 & -0.321263 \\ +0.211456 & -0.522591 & +0.311135 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.9563 & 0.6210 \\ 1 & -0.2721 & -0.6474 \\ 1 & -1.1070 & 1.7046 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$



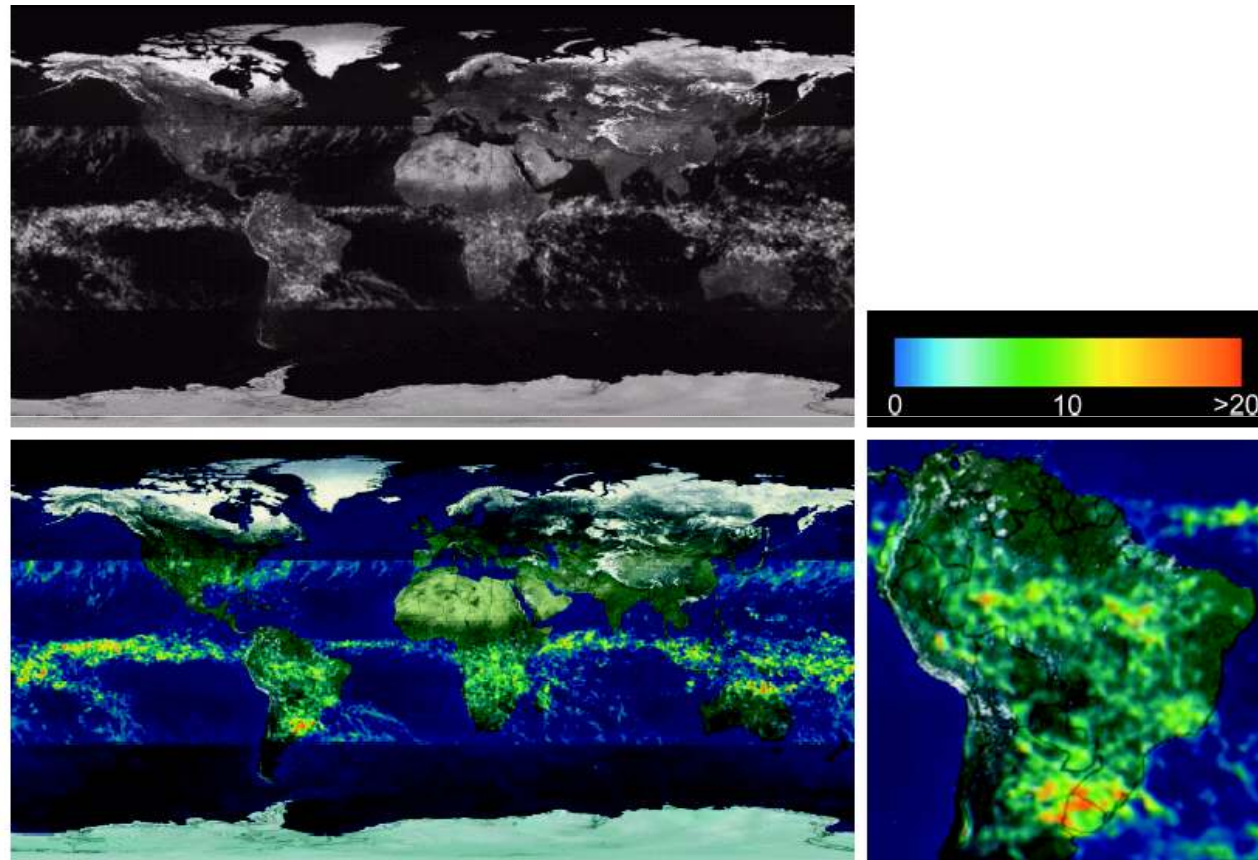
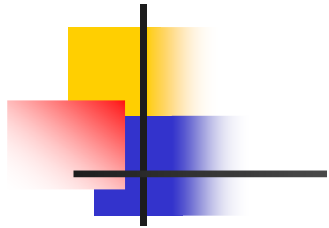
Pengolahan citra pseudocolor

- Cara-cara untuk memberikan warna pada citra monokrom berdasarkan nilai keabuan
- Tiga cara yang dibahas:
 - Intensity slicing and color coding
 - Bit slicing and color coding
 - Gray level to color transformations



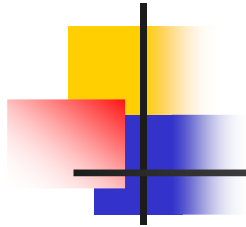
Intensity slicing

- Merupakan cara yang paling mudah.
- Hanya perlu membuat irisan-irisannya, misalkan kita hanya ingin 3 warna:
 - 0 - 100: warna merah
 - 100 - 200: warna oranye
 - 200 - 255: warna kuning

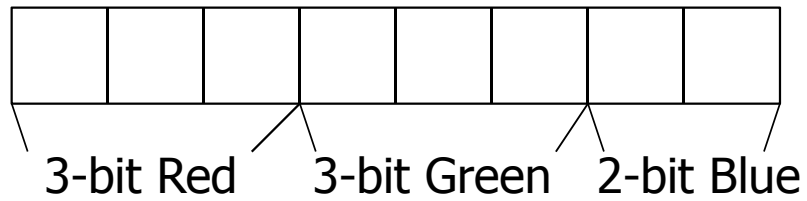


a	b
c	d

FIGURE 6.22 (a) Gray-scale image in which intensity (in the lighter horizontal band shown) corresponds to average monthly rainfall. (b) Colors assigned to intensity values. (c) Color-coded image. (d) Zoom of the South America region. (Courtesy of NASA.)



Bit slicing



atau





Gray level to color transformations

- Ide: melakukan tiga transformasi independen terhadap masing-masing komponen warna

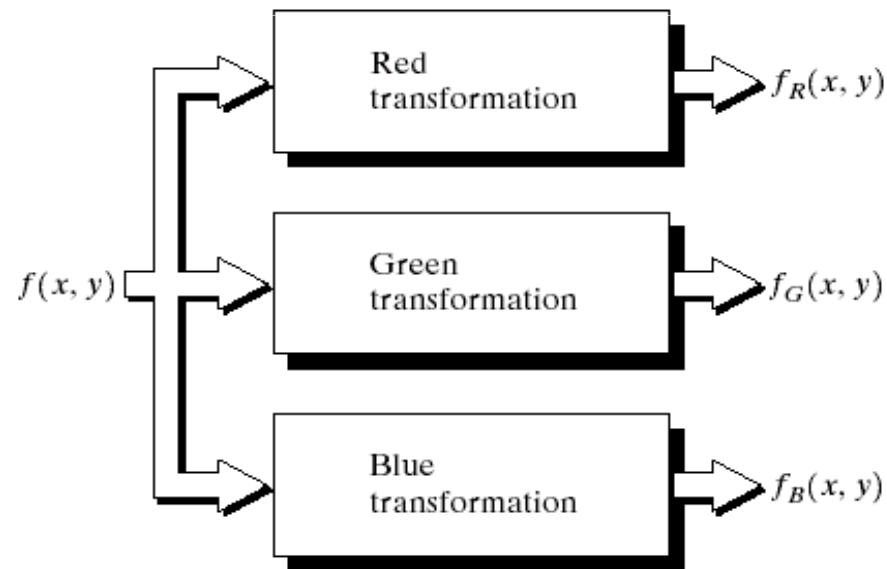
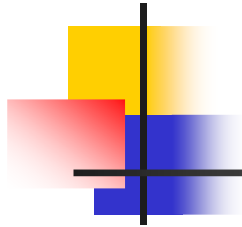
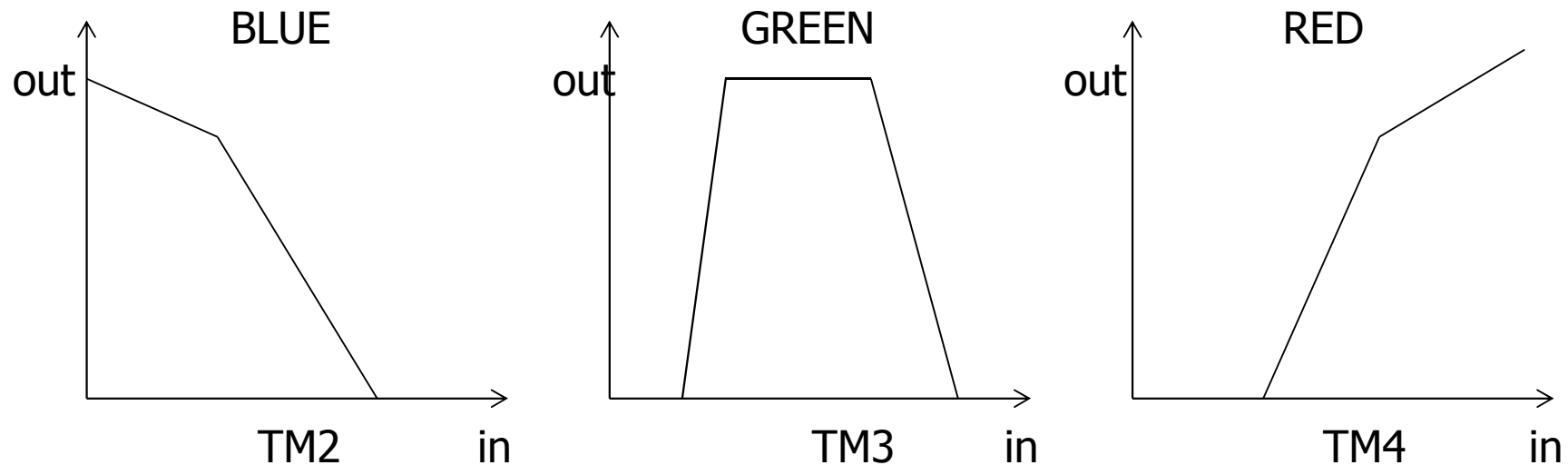


FIGURE 6.23 Functional block diagram for pseudocolor image processing. f_R , f_G , and f_B are fed into the corresponding red, green, and blue inputs of an RGB color monitor.



False Color Composite Transformation



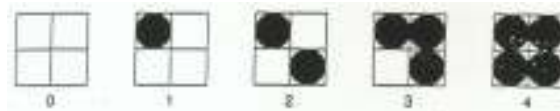
True Color: Vegetasi warnanya Green

False Color: Vegetasi warnanya Red

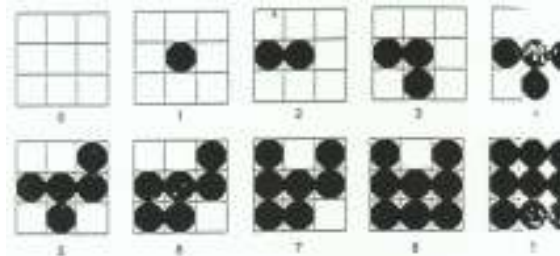
Halftoning Image

- Generating shaded images on bilevel devices

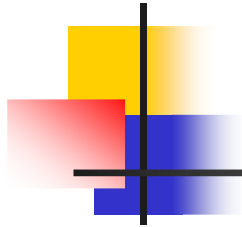
- 2x2 pattern:



- 3x3 pattern:

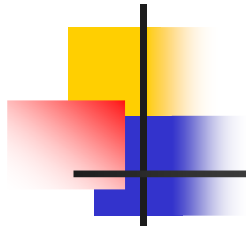


- Half-toning algorithm: for each 2x2 pixel region in the original gray level image, compute an average gray level and then choose the corresponding 2x2 matrix pattern and output it.



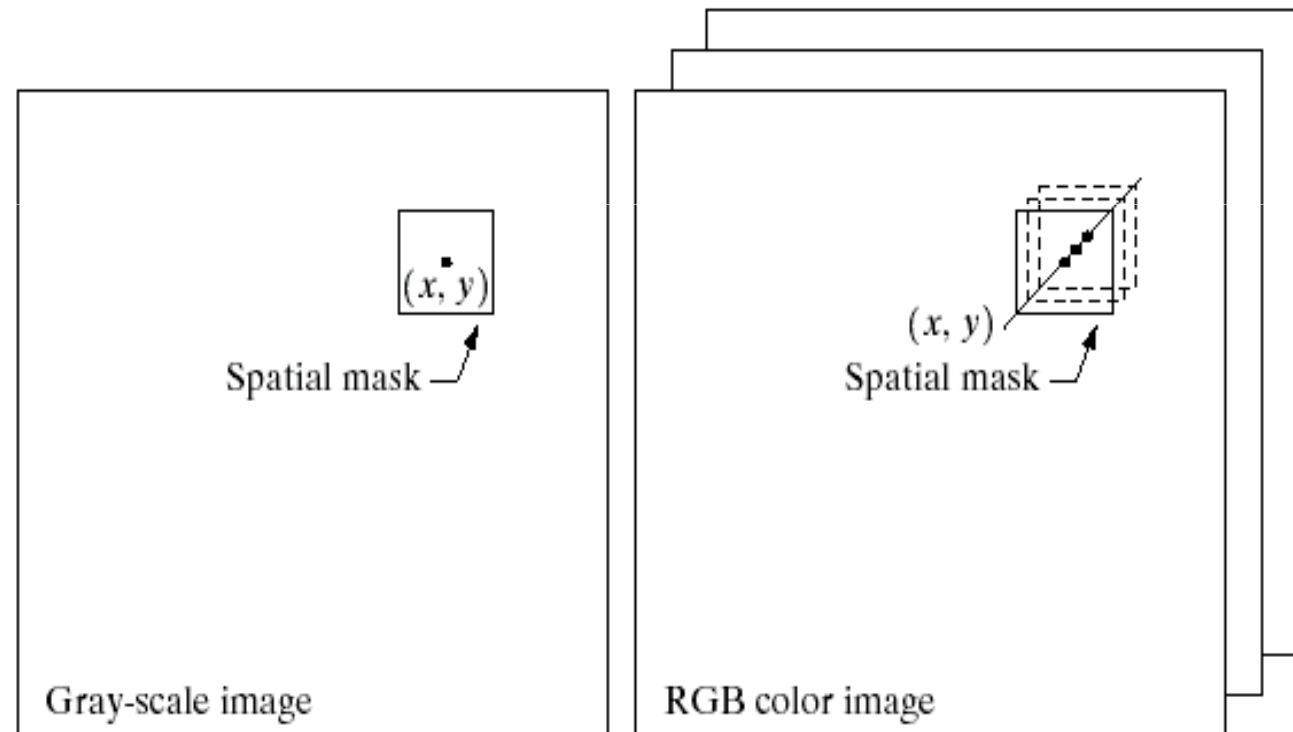
Dua pendekatan pengolahan

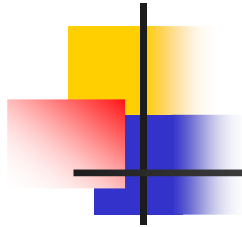
- Pengolahan per-warna:
 - Proses pengolahan dilakukan secara terpisah antara ketiga warna, kemudian baru digabungkan lagi
- Pengolahan langsung semua warna:
 - Proses pengolahan dilakukan terhadap vektor $[R \ G \ B]^T$
- Kedua pendekatan ini dapat menghasilkan output yang sama



a b

FIGURE 6.29
Spatial masks for
gray-scale and
RGB color
images.

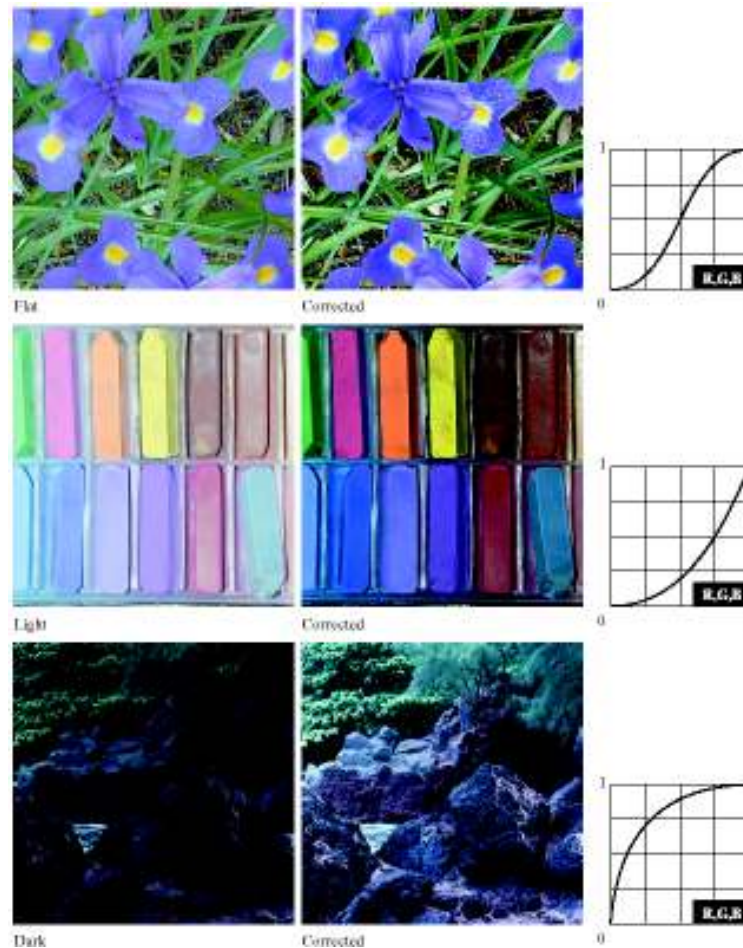


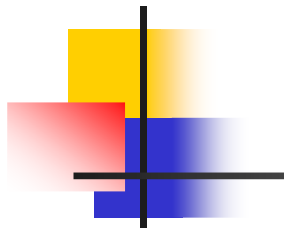


Transformasi Warna

- Dalam hal ini, yang dibahas adalah cara-cara mentransformasi warna dalam model warna *tertentu* saja
- Bukan mengubah dari satu model warna ke model warna lainnya

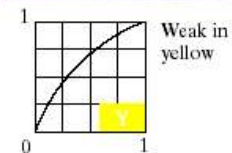
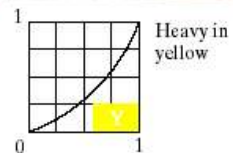
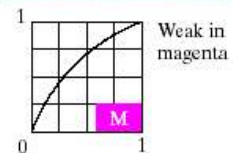
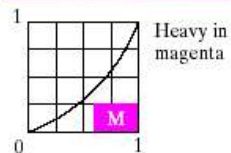
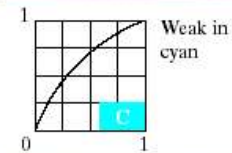
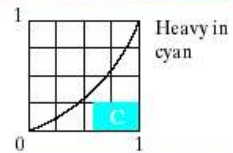
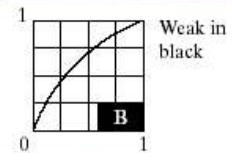
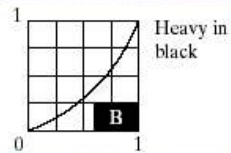
Koreksi Warna – contoh





Original/Corrected

FIGURE 6.36 Color balancing corrections for CMYK color images.



Pemrosesan histogram

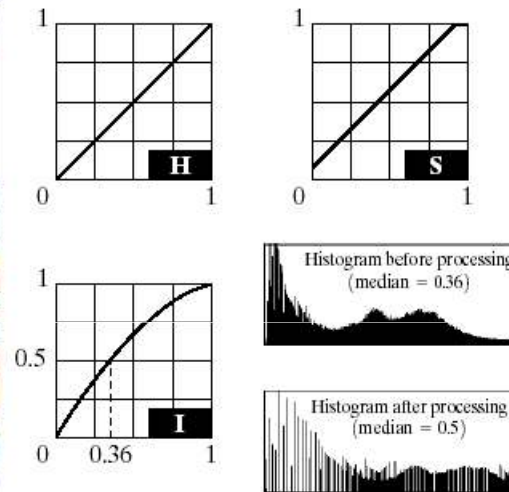
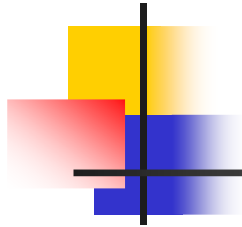


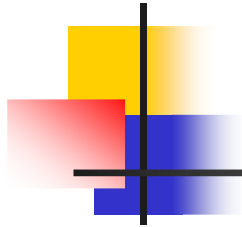
FIGURE 6.37
Histogram equalization (followed by saturation adjustment) in the HSI color space.





Smoothing & Sharpening

- Pada transformasi sebelumnya, tidak diperhatikan pengaruh ketetanggaan.
- *Smoothing & sharpening* merupakan salah satu transformasi yang melibatkan hubungan suatu piksel dengan piksel tetangganya.
- Caranya sama dengan *smoothing (averaging)* dan *sharpening (Laplacian operator)* pada citra monokrom, hanya saja filtering dilakukan pada vektor [R,G,B]



Smoothing and Sharpening

$$C(x,y) = \begin{vmatrix} 1/K \sum_{(s,t) \in S_{xy}} R(s,t) \\ 1/K \sum_{(s,t) \in S_{xy}} G(s,t) \\ 1/K \sum_{(s,t) \in S_{xy}} B(s,t) \end{vmatrix}$$

$$\nabla^2 C(x,y) = \begin{vmatrix} \nabla^2 R(x,y) \\ \nabla^2 G(x,y) \\ \nabla^2 B(x,y) \end{vmatrix}$$



Smoothing and Sharpening



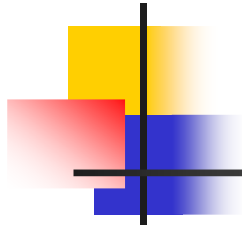
RGB Image



Smoothed RGB Image



Sharpened RGB Image



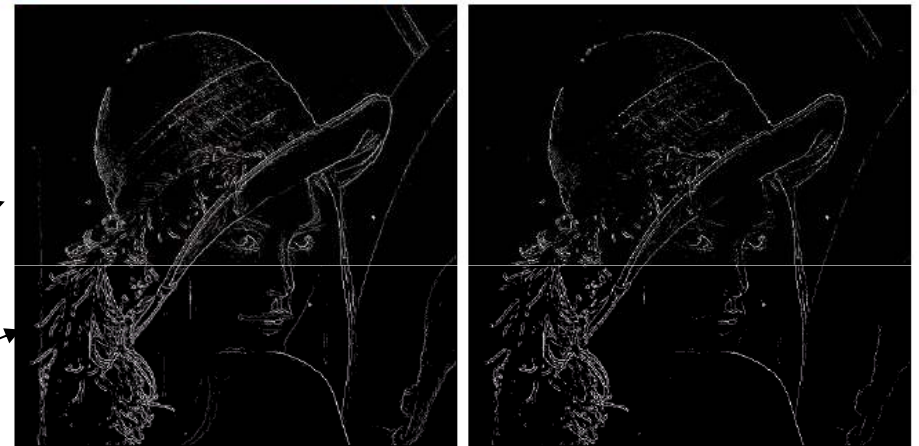
Segmentasi Warna

- Segmentasi adalah proses mempartisi citra menjadi daerah-daerah (region).
- Jika kita ingin mempartisi citra berdasarkan warnanya, maka kita dapat melakukannya pada setiap lapisan warna
- Dapat menggunakan metode thresholding ataupun minimum Euclidean Distance

Deteksi sisi pada citra warna

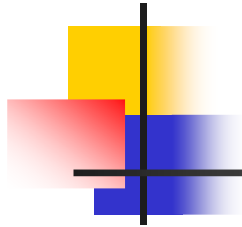


FIGURE 6.46
(a) RGB image.
(b) Gradient
computed in RGB
color vector
space.
(c) Gradients
computed on a
per-image basis
and then added.
(d) Difference
between (b)
and (c).



a b c

FIGURE 6.47 Component gradient images of the color image in Fig. 6.46. (a) Red component, (b) green component, and (c) blue component. These three images were added and scaled to produce the image in Fig. 6.46(c).



Noise pada citra berwarna

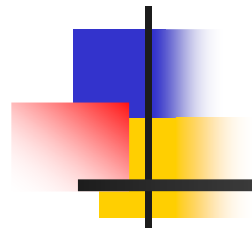
- Noise pada setiap layer warna bisa sama, bisa tidak.
- Noise bisa terjadi jika piranti elektronik pada layer tersebut rusak.
- Salah satu cara menghilangkan noise bisa dengan melakukan average filtering atau median filtering

RGB diberi Gaussian Noise

a b
c d

FIGURE 6.48
(a)–(c) Red, green, and blue component images corrupted by additive Gaussian noise of mean 0 and variance 800. (d) Resulting RGB image. [Compare (d) with Fig. 6.46(a).]





The End of Presentation
