

17 – Warna (Bagian 2)

IF4073 Interpretasi dan Pengolahan Citra

Oleh: Rinaldi Munir



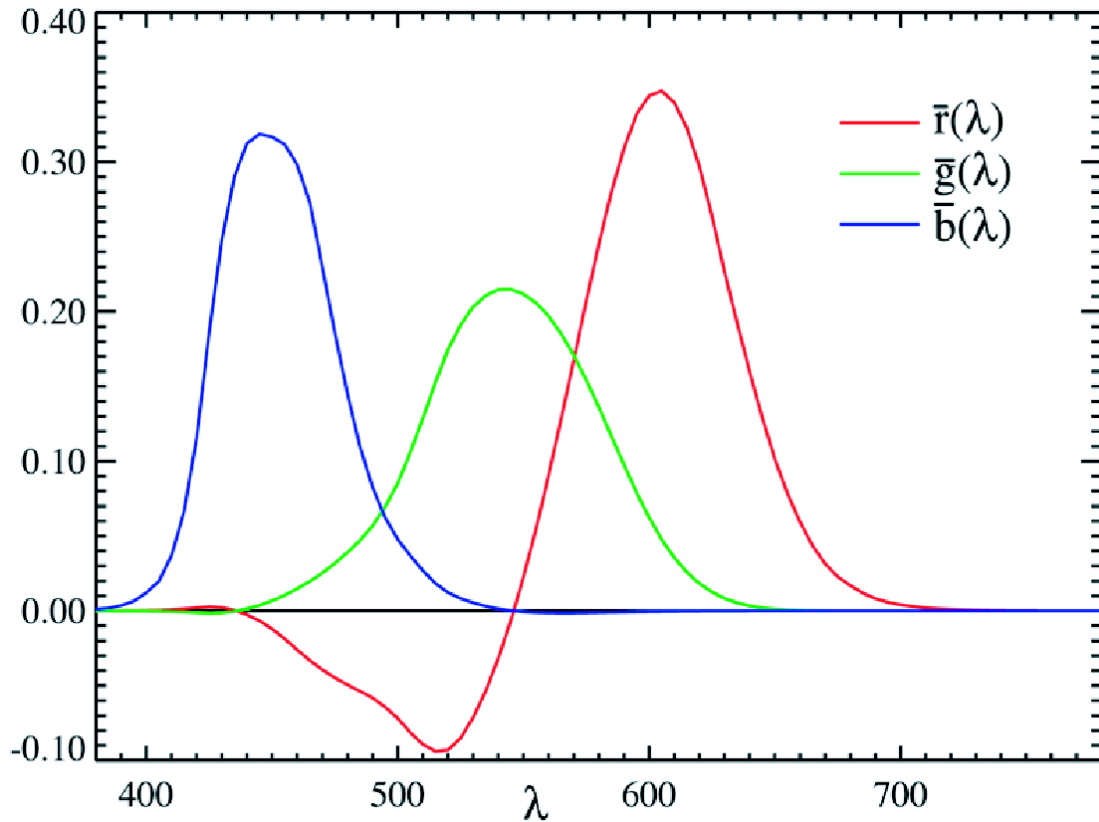
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung
2023

Model warna XYZ

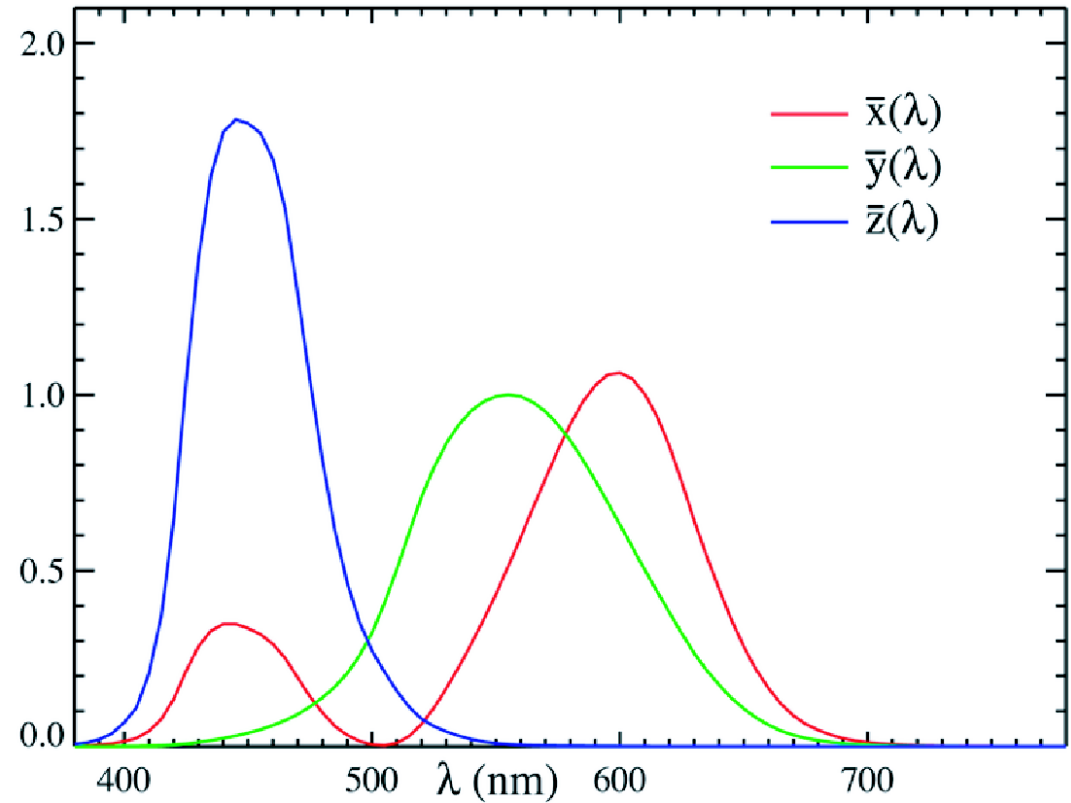
- Sudah dijelaskan sebelumnya bahwa warna-warna dapat dinyatakan sebagai kombinasi linier tiga warna dasar, yang disebut warna pokok (*primary colors*).
- Contoh warna dasar adalah R, G, dan B. Namun *RGB* bukan satu-satunya warna pokok yang dapat digunakan untuk menghasilkan kombinasi warna.
- Warna lain dapat juga digunakan sebagai warna pokok (misalnya *C = Cyan*, *M = Magenta*, dan *Y = Yellow*).

- *CIE* mendefinisikan model warna dengan menggunakan warna-warna imajiner (yaitu, warna yang secara fisik tidak dapat direalisasikan), yang dilambangkan dengan X , Y , dan Z .
- Model warna tersebut dinamakan model XYZ . Warna-warna dispesifikasikan dengan jumlah relatif warna pokok fiktif.
- Keuntungan utama dari model ini adalah *luminance* atau *brightness* sinyal disediakan langsung oleh Y .
- Model warna XYZ bersifat *device independent* (tidak seperti model RGB atau CMY yang *device dependent*).
- Karena *device independent*, model XYZ digunakan sebagai model antara dari suatu model warna ke model warna yang lain.

CIE Color Matching Functions



CIE *RGB* Matching Functions



CIE *XYZ* Matching Functions

- **Kromatisitas** (*chromaticity of color*) masing-masing warna pokok, menunjukkan persentase relatif suatu warna pokok di antara warna pokok lainnya:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

- Jumlah seluruh nilai kromatisitas warna adalah satu:

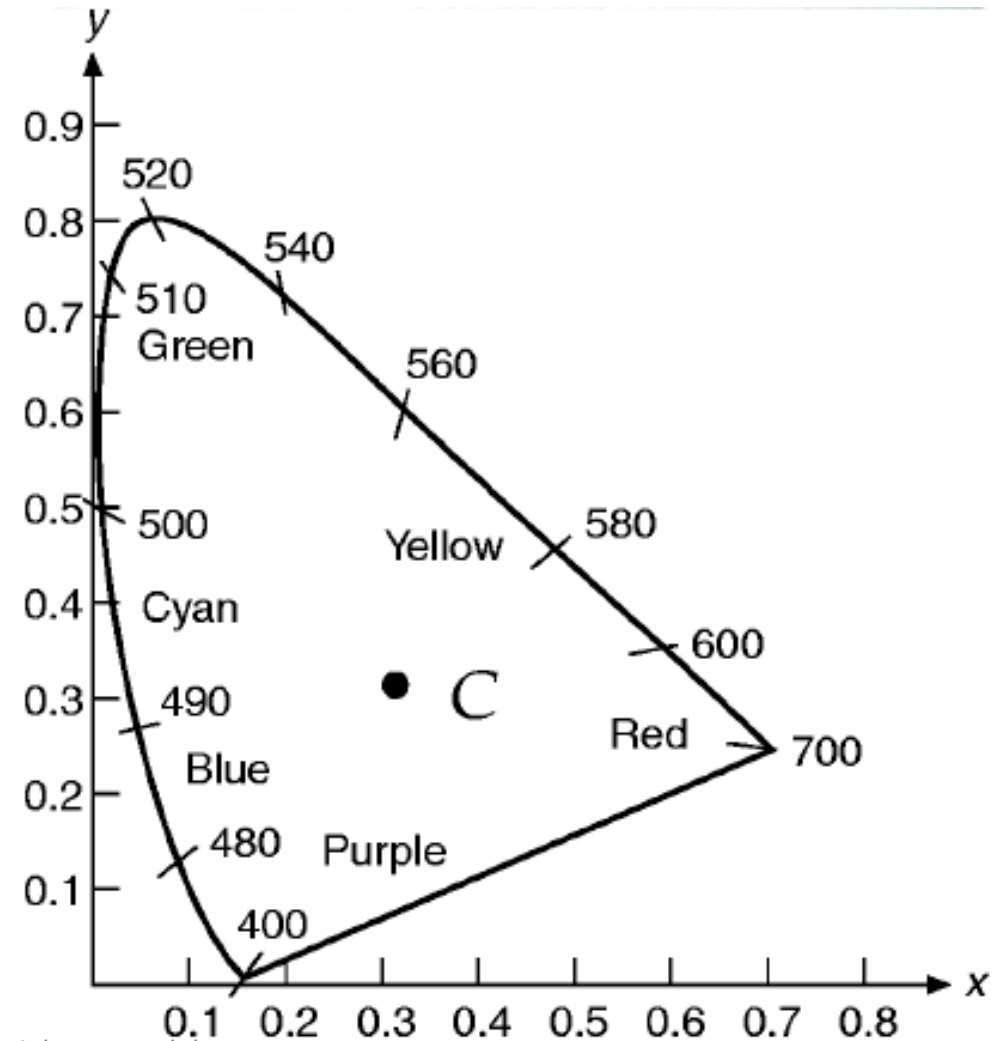
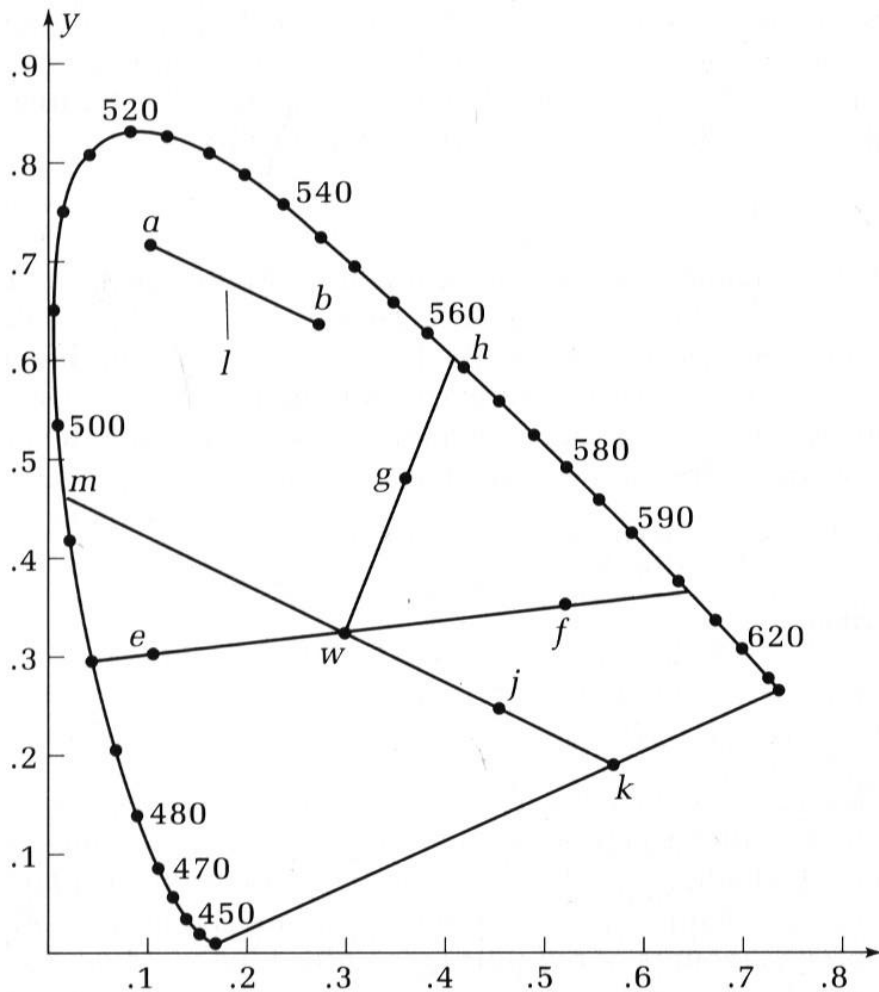
$$x + y + z = 1$$

atau

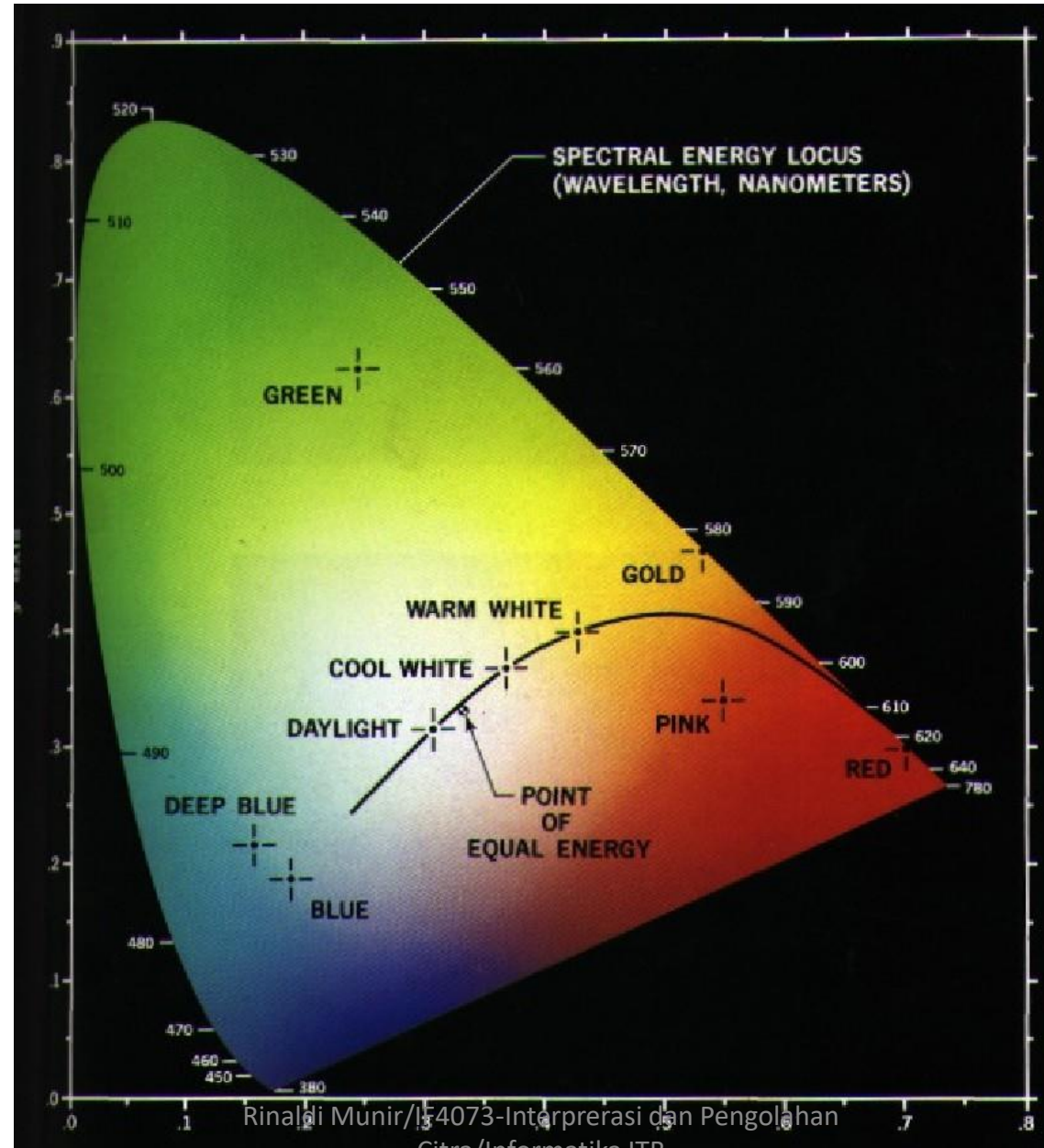
$$z = 1 - (x + y)$$

- Warna putih acuan dinyatakan dengan $X = Y = Z = 1$

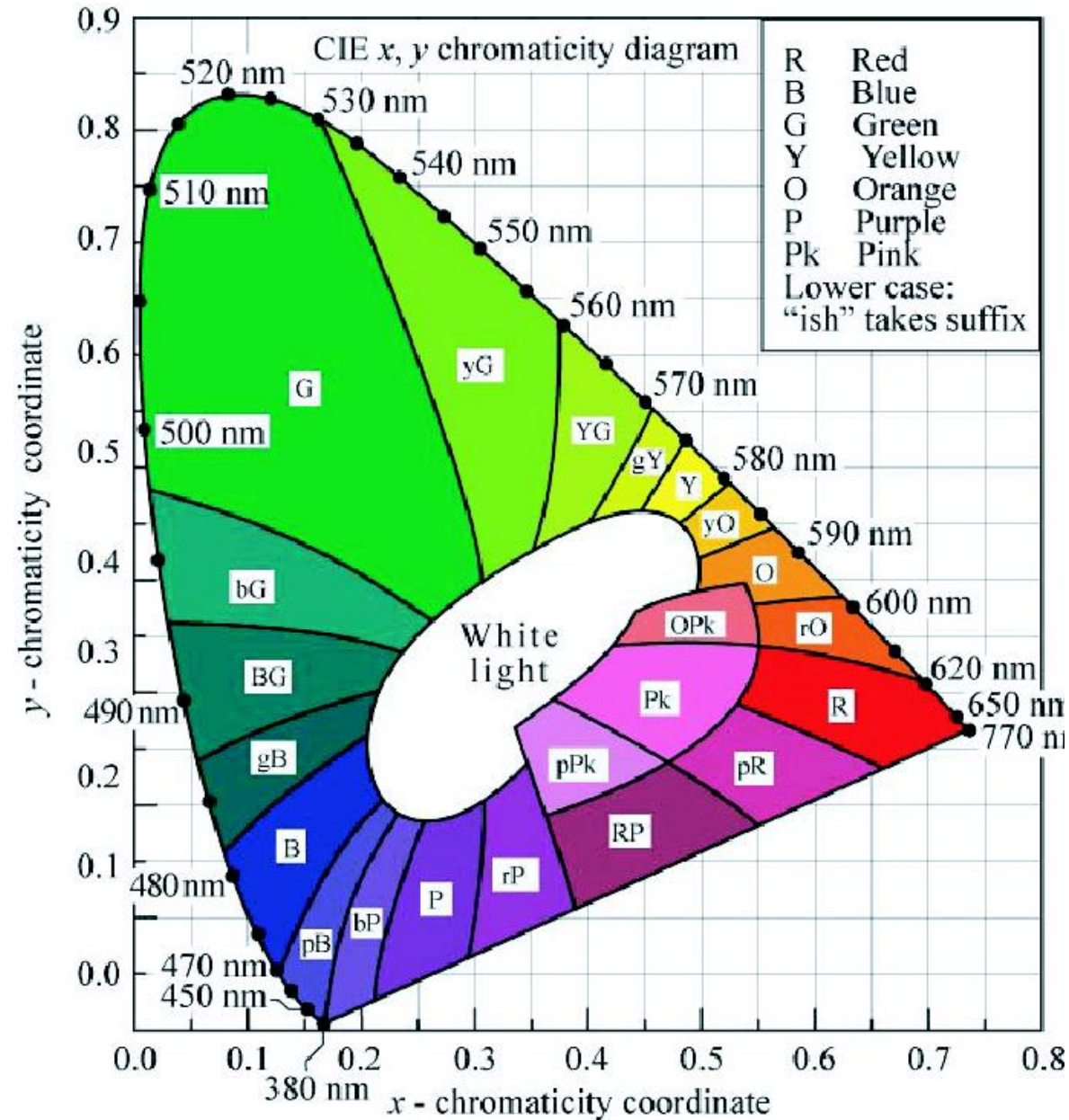
- Koordinat kromatisitas digunakan untuk menggambarkan **diagram kromatisitas** (hanya digunakan x dan y saja)



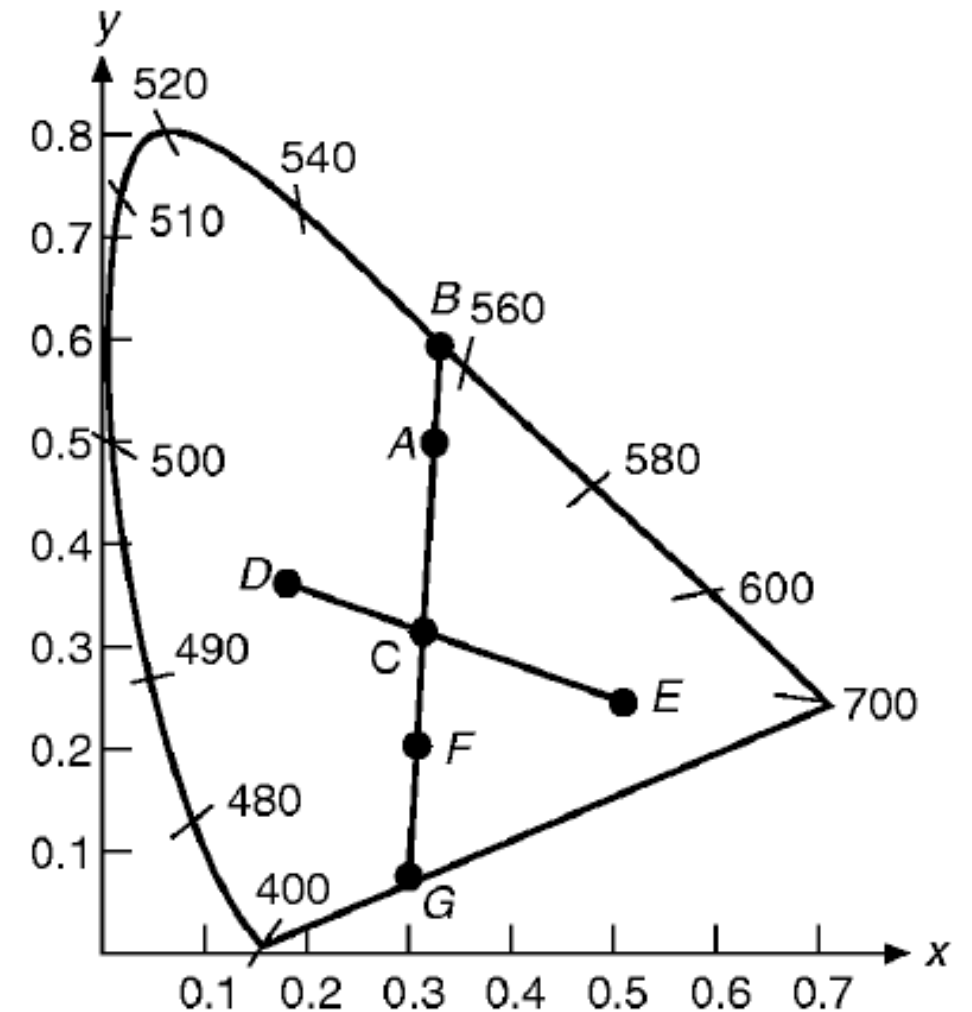
CIE Chromaticity Diagram



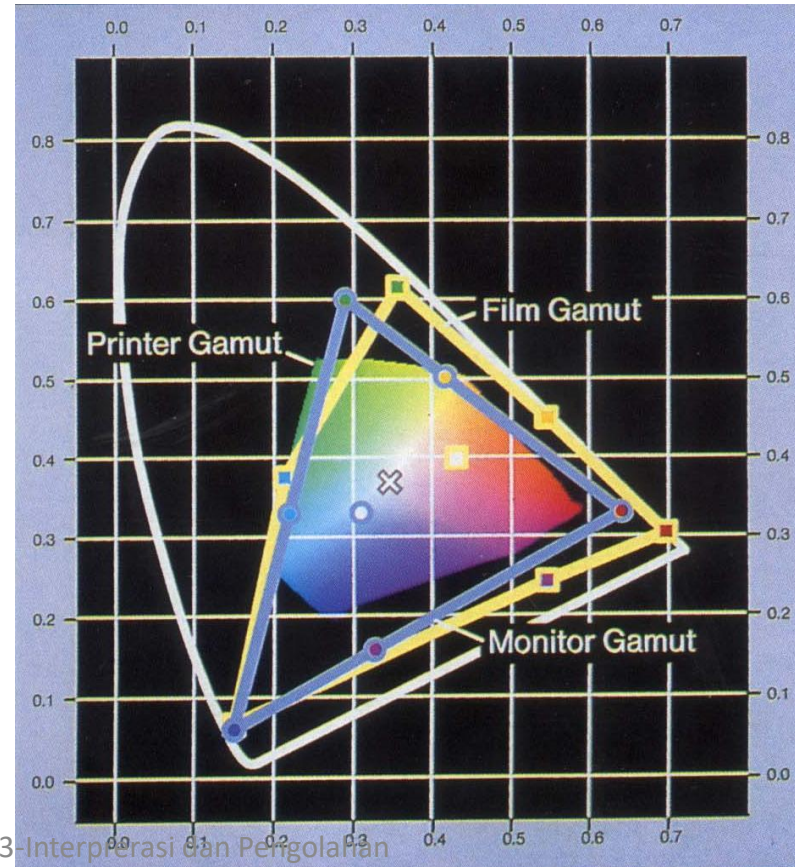
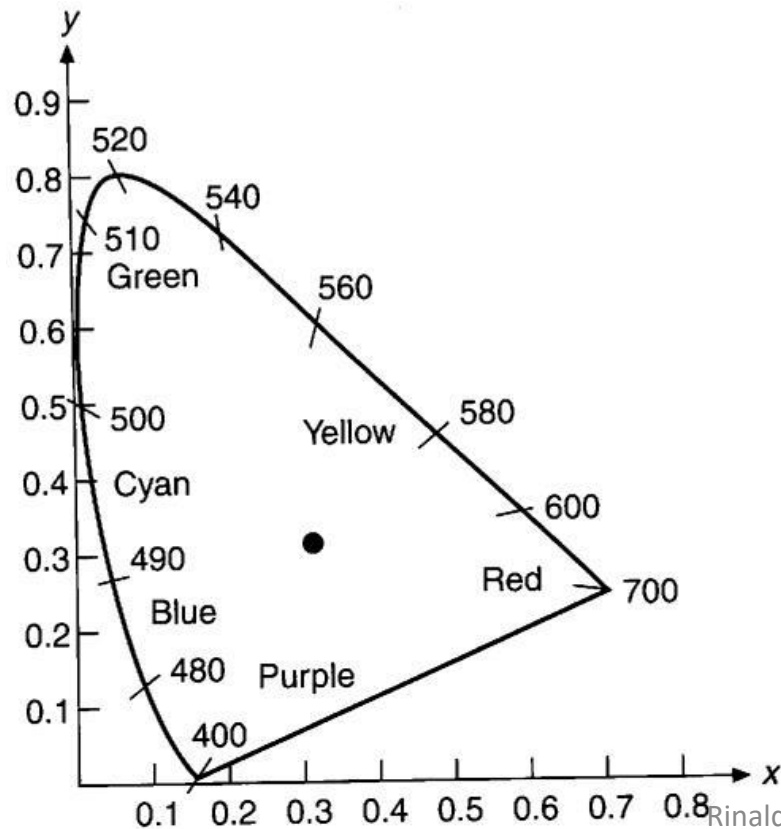
CIE Chromaticity Diagram

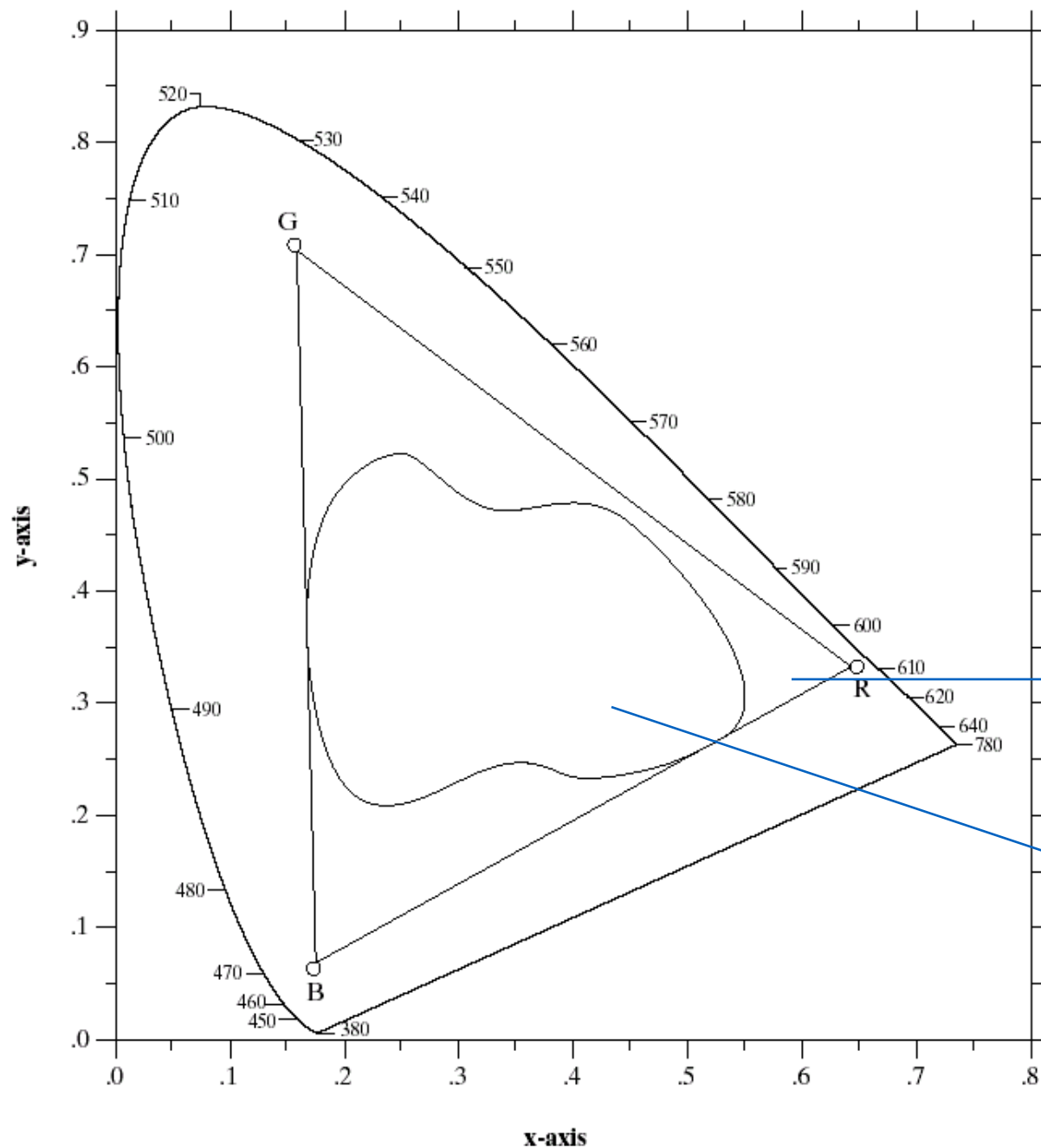


- *Hue* dari warna tertentu diperoleh dengan menarik garis dari putih (C) ke sisi elips melalui warna tersebut. *Hue* dari warna adalah panjang gelombang pada titik potong garis dengan sisi diagram.
- Misal warna A, tarik garis dari C melalui A dan memotong sisi diagram di B.
- *Saturation* adalah panjang CA relatif terhadap CB:
 $saturation = CA/CB$
- Warna komplementer adalah warna-warna yang dapat dicampurkan untuk menghasilkan warna putih. D dan E adalah komplementer.



- *Color gamuts* adalah rentang warna (sebagai efek mencampurkan warna bersama-sama) yang dapat ditampilkan oleh *device*, berbeda-beda antara satu *device* dengan device lain.
- Tariklah garis dari warna A ke warna B, maka garis sepanjang A ke B menyatakan warna-warna hasil pencampuran.





By additivity of colors:
Any color inside the triangle can be produced by combinations of the three initial colors

RGB gamut of monitors

Color gamut of printers

FIGURE 6.6 Typical color gamut of color monitors (triangle) and color printing devices (irregular region).

- Transformasi warna dari basis *CIE RGB* ke *CIE XYZ* dapat dilakukan sebagai berikut: Diberikan triplet *RGB* (R_i, G_i, B_i) untuk *pixel i*, maka triplet *XYZ* (X_i, Y_i, Z_i) dihitung dengan

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \frac{1}{0.17697} \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & -0.010 & 0.990 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{bmatrix}$$

- Transformasi sebaliknya dari *CIE XYZ* ke *CIE RGB* dapat dilakukan dengan persamaan

$$\begin{bmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.41847 & -0.15866 & -0.082835 \\ -0.091169 & 0.25243 & 0.015708 \\ 0.00092090 & 0.0025498 & 0.17860 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix}$$

```

int cieRGB_toXYZ(citra r, citra g, citra b,
                 citra x, citra y, citra z, int N, int M)
/* Transformasi citra dari model warna CIE RGB ke model CIE XYZ
   Masukan: citra dengan kompoenen RGB masing-masing disimpan di dalam
            matriks r, g, dan b. Ketga mtariks ini berukuran N x M.
   Luaran: citra dengan komponen XYZ masing-masing disimpan di dalam
            matriks x, y, dan z.
*/
{
  int i, j; double R, G, B; double X, Y, Z;

  for (i=0; i<=N-1; i++)
    for (j=0; j<=M-1; j++)
      {
        R = (double)r[i][j]; G=(double)g[i][j]; B=(double)b[i][j];
        X = (0.490*R+0.310*G+0.200*B)/0.17697;
        Y = (0.177*R+0.813*G+0.011*B)/0.17697;
        Z = (0.010*G+0.990*B)/0.17697;
        if (X > 255.0) x[i][j]=255; else x[i][j]=(unsigned char)X;
        if (Y > 255.0) y[i][j]=255; else y[i][j]=(unsigned char)Y;
        if (Z > 255.0) z[i][j]=255; else z[i][j]=(unsigned char)ZX;
      }
}

```

```

int XYZ_to_cieRGB(citra x, citra y, citra z,
                 citra r, citra g, citra b, int N, int M)
/* Transformasi citra dari model warna CIE XYZ ke model CIE RGB
   Masukan: citra dengan komponen XYZ masing-masing disimpan di dalam
            matriks x, y, dan z. Ketiga matriks ini berukuran N x M.
   Keluaran: citra dengan komponen RGB masing-masing disimpan di dalam
            matriks r, g, dan b.
*/
{
int i, j; double R, G, B; double X, Y, Z;

for (i=0; i<=N-1; i++)
  for (j=0; j<=M-1; j++)
    { X = (double)x[i][j]; Y = (double)y[i][j]; Z = (double)z[i][j];
      R = 2.41847*X-0.15866*Y-0.082835*Z;
      G = -0.091169*X+0.25243*Y+0.015608*Z;
      B = 0.00092090*X+0.0025498*Y+0.17860*Z;
      if (R > 255.0) r[i][j]=255;
      else if (R<0.0) r[i][j]=0;
        else r[i][j]=(unsigned char)R;
      if (G > 255.0) g[i][j]=255;
      else if (G<0.0) g[i][j]=0;
        else g[i][j]=(unsigned char)G;
      if (B > 255.0) b[i][j]=255;
      else if (B<0.0) b[i][j]=0;
        else b[i][j]=(unsigned char)B;
    }
}

```

```
rgb = imread('peppers512.bmp');  
xyz = rgb2xyz(rgb);  
Y = xyz(:, :, 2);  
imshow(Y)
```



Model warna YIQ

- Model warna YIQ (atau NTSC) digunakan untuk penyiaran siaran TV berwarna di Amerika Serikat.

$Y = \textit{luminance/brightness/grayscale}$

I dan Q = *chromaticity (I = hue, Q = saturation)*

- Pada TV hitam-putih, hanya Y yang ditampilkan
- Ditransmisikan dengan menggunakan standard NTSC (*National Television System Committee*)

- Transformasi dari RGB ke YIQ:

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.528 & 0.311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

- Transformasi dari YIQ ke RGB:

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.106 & 1.703 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix}$$

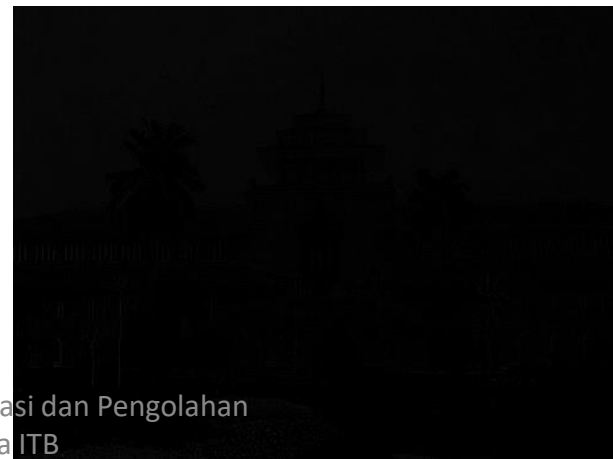
```
rgb = imread('gedung-sate.jpg');  
YIQ = rgb2ntsc(rgb);  
Y = YIQ(:, :, 1);  
I = YIQ(:, :, 2);  
Q = YIQ(:, :, 3);  
imshow(Y)  
figure, imshow(I);  
figure, imshow(Q);
```



Y



I



Q

Model warna YUV

- Model warna YUV digunakan untuk penyiaran siaran TV berwarna di Eropa.
- Transformasi dari RGB ke YUV:

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

- Transformasi dari YUV ke RGB:

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.000 & 1.140 \\ 1 & -0.395 & -0.581 \\ 1 & 2.032 & 0.000 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix}$$

Model warna YCbCr

- Dalam pemrosesan citra digital, citra berwarna RGB perlu dikonversi ke ruang warna lain, karena sistem visual manusia memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap warna dan kecerahan.
- Model warna yang paling mendekati sistem visual manusia adalah HSV dan YCbCr
- Dalam ruang warna YCbCr, $Y = \text{luminance}$, $Cb = \text{Chrominance-blue}$, dan $Cr = \text{Chrominance-red}$.
- Komponen Y mewakili kecerahan piksel, sedangkan kedua komponen *chrominance* mewakili persepsi warna pixel.



(a) Original image



(b) Color components: R , G , and B



(c) Color components: Y , C_b , C_r

- Transformasi dari RGB ke YCbCr:

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- Transformasi dari YCbCr ke RGB:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.000 & 1.400 \\ 1.000 & -0.343 & -0.711 \\ 1.00 & 1.765 & 0.000 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ (Cb - 128) \\ (Cr - 128) \end{bmatrix}$$

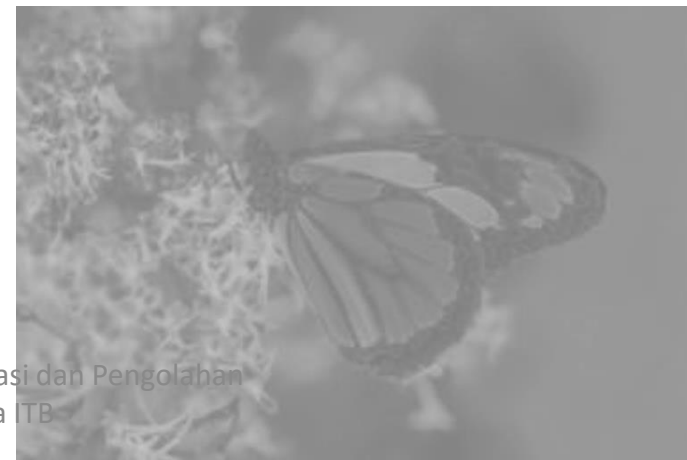
```
rgb = imread('monarch.jpg');  
ycbcr = rgb2ycbcr(rgb);  
Y = ycbcr(:, :, 1);  
imshow(Y);  
Cb = ycbcr(:, :, 2);  
figure, imshow(Cb)  
Cr = ycbcr(:, :, 3);  
figure, imshow(Cr)
```



Y



Cb



Cr

Y(1:5,1:5)

ans =

5×5 uint8 matrix

91	92	93	94	97
103	104	104	105	105
103	104	106	107	108
99	100	103	104	106
106	105	104	104	104

Cb(1:5,1:5)

ans =

5×5 uint8 matrix

103	103	103	103	103
103	103	103	103	103
103	103	103	103	102
103	103	103	102	102
102	102	102	102	102

Cr(1:5,1:5)

ans =

5×5 uint8 matrix

140	140	140	140	140
140	140	140	140	140
140	140	140	140	141
140	140	140	141	141
141	141	141	141	141

TAMAT