SATUAN ACARA PERKULIAHAN

(SAP)

Mata Kuliah : Pengolahan Citra Digital
Kode : IES 6323
Semester : VI
Waktu : 1 x 3x 50 Menit
Pertemuan : 9

A. Kompetensi

1. Utama

   Mahasiswa dapat memahami tentang sistem pengolahan citra digital dan hal yang terkait secara umum.

2. Pendukung

Mahasiswa dapat memahami persepsi atas warna

B. Pokok Bahasan

Warna

C. **Sub Pokok Bahasan**

- Dasar-dasar Warna
- Sistem Koordinat Warna

D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahapan Kegiatan	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media & Alat Peraga
Pendahuluan	1. Mereview materi sebelumnya 2. Menjelaskan materi-materi perkuliahan yang akan dipelajari.	Mendengarkan dan memberikan komentar	Notebook, LCD, Papan Tulis
Penyajian	2. Menjelaskan tentang dasar-dasar	Memperhatikan, mencatat dan	Notebook, LCD,

	warna 3. Menjelaskan tentang Sistem Koordinat Warna	memberikan komentar. Mengajukan pertanyaan.	Papan Tulis
Penutup	1. Mengajukan pertanyaan kepada mahasiswa. 2. Memberikan kesimpulan. 3. Mengingatkan akan kewajiban mahasiswa untuk pertemuan selanjutnya.	Memberikan komentar. Mengajukan dan menjawab pertanyaan.	Notebook, LCD, Papan Tulis

E.Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan cara memberikan pertanyaan langsung dan tidak langsung kepada mahasiswa dan dengan memberikan kuis.

RENCANA KEGIATAN BELAJAR MINGGUAN

(RKBM)

Mata Kuliah : Pengolahan Citra Digital
Kode : IES 6323
Semester : VI
Waktu : 1 x 3x 50 Menit
Pertemuan : 9

Minggu ke-	Topik (Pokok Bahasan)	Metode Pembelajaran	Estimasi Waktu (Menit)	Media
9	6.1 Dasar-dasar Warna 6.2 Sistem Koordinat Warna	Ceramah, Diskusi Kelas	1 x 3 x 50'	Notebook, LCD, Papan Tulis

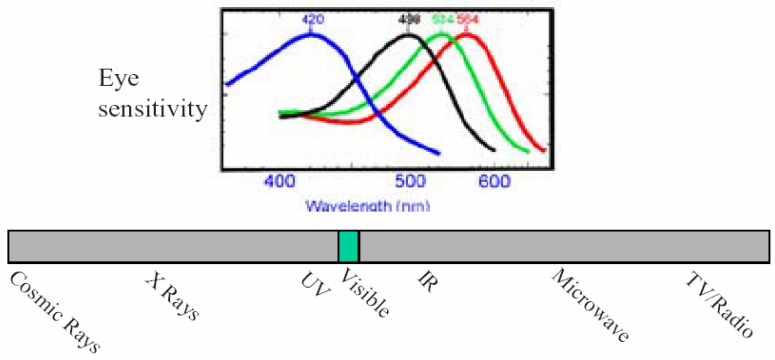
BAB 6
WARNA

Persepsi visual citra berwarna (*color images*) umumnya lebih kaya dibandingkan dengan citra hitam putih (*gray scale*), karena itu citra berwarna lebih disenangi dari citra hitam putih. Citra berwarna menampilkan warna objek seperti warna aslinya (meskipun tidak terlalutepat demikian). Bab ini akan menguraikan konsep warna, model warna, dan transformasi warna dari satu model ke model lainnya.

6.1 Dasar-dasar Warna.

Warna yang diterima oleh mata dari sebuah objek ditentukan oleh warna sinar yang dipantulkan oleh objek tersebut. Sebagai contoh, suatu objek berwarna hijau karena objek tersebut memantulkan sinar biru dengan panjang gelombang 450 sampai 490 nanometer (nm).

Warna sinar yang direspon oleh mata adalah sinar tampak (*visible spectrum*) dengan panjang gelombang berkisar dari 400nm (biru) sampai 700 nm (merah). Lihat Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Spektrum cahaya.

Warna-warna yang diterima oleh mata manusia merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang berbeda. Penelitian memperlihatkan bahwa kombinasi warna yang memberikan rentang warna yang paling lebar adalah *red* (*R*), *green* (*G*), dan *blue* (*B*). Ketiga warna tersebut dinamakan warna pokok (*primaries*), dan sering disingkat sebagai warna warna dasar *RGB*. Warna-warna lain dapat diperoleh dengan mencampurkan ketiga warna pokok tersebut dengan perbandingan tertentu (meskipun tidak sepenuhnya benar, karena tidak semua kemungkinan

warna dapat dihasilkan dengan kombinasi *RGB* saja), sesuai dengan teori Young (1802) yang menyatakan bahwa sembarang warna dapat dihasilkan dengan pencampuran warna-warna pokok C_1, C_2, dan C_3 dengan persentase tertentu [PIT93]:

$$C = aC_1 + bC_2 + cC_3 \qquad (6.1)$$

Bila citra warna didigitasi, maka tiga buah filter digunakan untuk mengekstraksi intensitas warna merah, hijau, dan biru dan bila ketiganya dikombinasikan kita memperoleh persepsi warna.

6.2 Atribut Warna

Selain *RGB*, warna juga dapat dimodelkan berdasarkan atribut warnanya. Setiap warna memiliki 3 buah atribut, yaitu *intensity (I), hue (H)*, dan *saturation* (*S*).

a. *Intensity/brightness/luminance*

   Atribtu yang menyatakan banyaknya cahaya yang diterima oleh mata tanpa memperdulikan warna. Kisaran nilainya adalah antara gelap (hitam) dan terang (putih).

b. *Hue*

   Menyatakan warna sebenarnya, seperti merah, violet,dan kuning. *Hue* digunakan untuk membedakan warna-warna dan menentukan kemerahan (*redness*), kehijauan (*greenness*), dsb, dari cahaya. *Hue* berasosiasi dengan panjang gelombang cahaya, dan bila kita menyebut warna merah, violet, atau kuning, kita sebenarnya menspesifikasikan *hue*-nya.

c. *Saturation*

   Menyatakan tingkat kemurnian warna cahaya cahaya, yaitu mengindikasi seberapa banyak warna putih diberikan pada warna. Sebagai contoh, warna merah adalah 100 % warna jenuh (*saturated color*), sedangkan warna *pink* adalah warna merah dengan tingkat kejenuhan sangat rendah (karena ada warna putih didalamnya). Jadi, jika *hue* menyatakan warna sebenarnya, maka *saturation* menyatakan seberapa dalam warna tersebut.

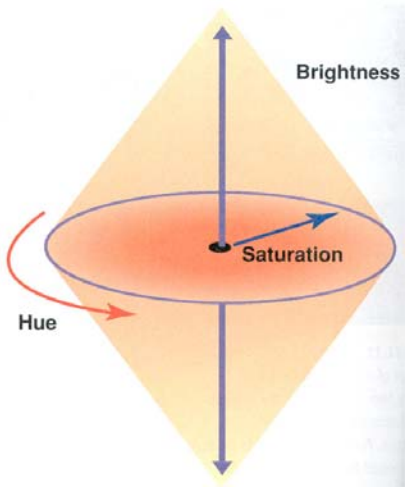
Dalam praktek, *hue* dikuantisasi dengan nilai dari 0 sampai 255; 0 menyatakan merah, lalu memutar nilai-nilai spektrum tersebut kembali lagi ke 0 untuk menyatakan merah lagi. Ini dapat dipandang sebagai sudut dari 0° sampai 360°.

Jika suatu warna mempunyai *saturation* = 0, maka warna tersebut tanpa *hue*, yaitu dibuat dari warna putih saja. Jika *saturation* = 225, maka tidak ada warna putih yang

ditambahkan pada wana tersebut *saturation* dapat digambarkan sebagai panjang garis dari titik pusat lingkaran ke titik warna.

Intensity nilainya dari gelap sampai terang (dalam praktek, gelap = 0, terang=225). *Intensity* dapat digambarkan sebagai garis vertikal yang menembus pusat lingkaran.

Ketiga atribut warna (*I, H,* dan *S*) digambarkan dalam model *IHS* (ada juga yang menyebutkan model *HSV*, dengan V = *Value* = *I*) yang diperlihatkan pada Gambar 6.2



Gambar 6.2 Model IHS

6.3 Sistem Koordinat Warna

CIE (*Commission Internasional de l'Elclairege*) atau *internasional lighting Committee* adalah lembaga yang membakukan warna pada tahun 1931. *CIE* mula-mula menstandarkan panjang gelombang warna-warna pokok sebagai berikut:

R : 700 nm
G : 546.1 nm
B : 435.8 nm

Warna-warna lain dapat dihasikan dengan mengkombinasikan ketiga warna pokok tersebut. Model warna yang digunakan sebagai acuan dinamakan model *RGB*.
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*), dapat dilihat pada Gambar 6.3.

Karena itu *CIE* mendefenisikan model warna dengan menggunakan warna-warna fiktif (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 pokok fiktif. Keuntungan utama model ini adalah *luminance* atau *brigthness* sinyal disediakan langsung oleh *Y*. Jadi, nilai *Y* memberikan nilai citra *greyscale* dari citra berwarnanya.

(a) Model RGB (b) Model CMY

Gambar 6.3 Model Warna

Kromatisitas (*chromaticity of color***)** masing-masing warna pokok, menunjukkan persentase relative untuk warna pokok di antara warna pokok lainnya pada warna yang diberikan, yang didefenisikan sebagai

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad (6.2)$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad (6.3)$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad (6.4)$$

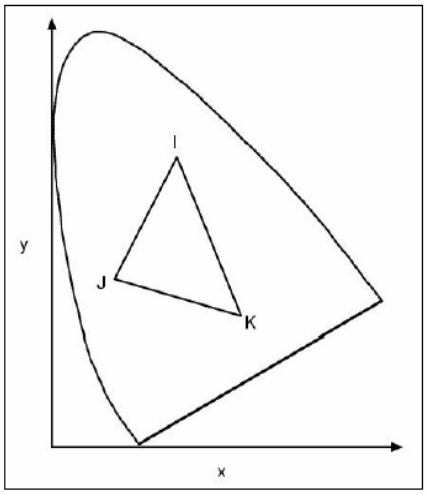
Warna putih acuan dinyatakan dengan $X = Y = Z = 1$. Jumlah seluruh nilai kromatis warna adalah satu:

$$x + y + z = 1 \quad (6.5)$$

atau

$$z = 1 - (x + y) = 1 \quad (6.6)$$

Jelas hanya dua nilai *x* dan *y* yang dibutuhkan untuk menspesifikasikan kromatisitas warna, karena jika *x* dan *y* diketahui, *z* dapat dihitung denganpersamaan 6.6. Warna lebih tepat dinyatakan dengan kromatisitas *x* dan *y* dan luminansi *Y*. D**iagram kromatisitas** pada Gambar 6.4.



Gambar 6.4 Diagram Kromatisitas

6.4 Transformasi Sistem Koordinat Warna

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

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & 0.010 & 0.99 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{bmatrix} \quad (6.7)$$

$$\begin{bmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.365 & -0.3896 & -0.468 \\ -0.515 & 1.425 & 0.088 \\ 0.005 & -0.014 & 1.009 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} \quad (6.8)$$

Model warna *RGB dan XYZ* yang dikemukakan di atas adalah bakuan dari *CIE*. Ada juga model warna yang diusulkan untuk *platform* perangkat keras tertentu untuk menampilkan gambar. Misalnya *National Television System Committee (NTSC)* menggunkan model warna *RGB* khusus untuk menampilkan citra berwarna pada layar *CRT*. Format *NTSC* digunakan pada televisi di Amerika Serikat. Salah satu keuntungan utama dari format ini adalah data *greyscale* dipisahkan dari data warnanya, sehingga sinyal yang sama dapat digunakan baik untuk layar berwarna maupun layar hitam putih.

Pada format *NTSC,* data citra terdiri atas tiga komponen, *luminance* (Y), *hue* (*I*), dan *saturation (Q)*. Komponen pertama, yaitu *Y* menyatakan data *greyscale*, sedangkan

dua komponen terakhir membentuk *chrominance*. Jika diberikan triplet *NTSC RGB* (R_i,G_i,B_i) untuk *pixel i,* maka nilai *YIQ* untuk *pixel* yang bersangkutan dihitung dengan

$$\begin{bmatrix} Y_i \\ I_i \\ Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.229 & 0.857 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{bmatrix} \quad (6.9)$$

Nilai *NTSC RGB* semula dapat dihitung dengan menggunakan transformasi balikan:

$$\begin{bmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.965 & 0.621 \\ 1.000 & -0.273 & -0.647 \\ 1.000 & -1.104 & 1.701 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_i \\ I_i \\ Q_i \end{bmatrix} \quad (6.10)$$

Transformasi dari *NTSC RGB* ke *CIF RGB* dihitung dengan persamaan:

$$\begin{bmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.167 & -0.146 & -0.151 \\ 0.114 & 0.753 & 0.159 \\ -0.001 & 0.059 & 1.128 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_NTSC_i \\ G_NTSC_i \\ B_i_NTSC_i \end{bmatrix} \quad (6.11)$$

Sistem *NTSC RGB* dapat ditransformasikan ke sistem *CIE XYZ* dengan persamaan:

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.607 & 0.174 & 0.201 \\ 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.000 & 0.066 & 1.117 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_NTSC_i \\ G_NTSC_i \\ B_i_NTSC_i \end{bmatrix} \quad (6.12)$$

Sedangkan transformasi dari *CIE XYZ* ke *NTSCRGB* dihitung dengan persamaan:

$$\begin{bmatrix} R_NTSC_i \\ G_NTSC_i \\ B_i_NTSC_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.190 & -0.146 & -0.288 \\ -0.985 & 2.000 & -0.028 \\ 0.058 & -0.118 & 0.896 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} \quad (6.13)$$

6.5 Model warna *CMY* dan *CYMK*

Warna *cyan (C)*, *magenta(M),* dan *yellow (Y)* adalah warna komplementer terhadap *red, green,* dan *blue*. Dua buah warna disebut komplementer jika dicampur dengan perbandingan yang tepat menghasilkan warna putih. Misalnya, *magenta* jika dicampur dengan perbandingan yang tepat dengan *green* menghasilkan putih, karena itu *magenta* adalah komplemen dari *green.*

Model *CMY* dapat diperoleh dari model *RGB* dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} C &= 1\text{-}R \\ M &= 1\text{-}G \\ Y &= 1\text{-}B \end{aligned} \qquad (6.14)$$

Model *CMY* dapat digunakan untuk mencetak citra berwarna, tetapi karena ketidaksempurnaan tinta, model *CMY* tidak dapat menghasilkan warna hitam dengan baik. Karena itu, model *CMY* disempurnakan menjadi model *CMYK,* yang dalam hal ini *K* menyatakan warna keempat, dengan perhitungan sebagai berikut:

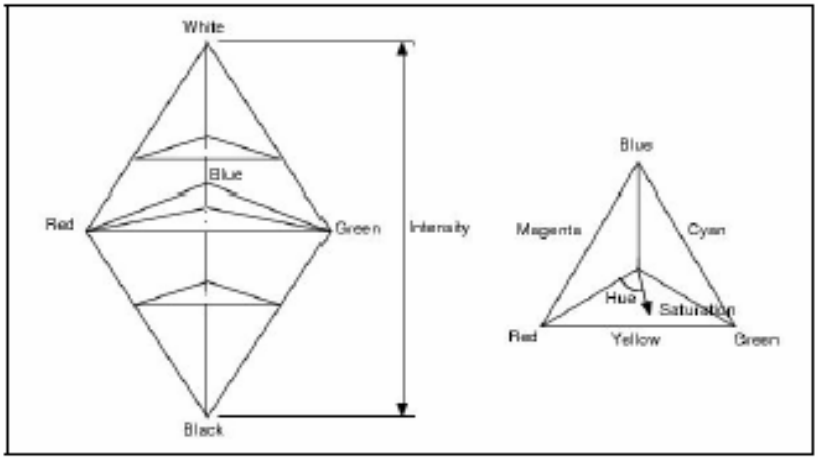
$$\begin{aligned} K &= \min(C,M,Y) \\ C &= C - K \\ M &= M - K \\ Y &= Y - K \end{aligned} \qquad (6.15)$$

6.6 Transformasi warna RGB ke IHS

Meskipun basis *RGB* bagus untuk menampilkan informasi warna, tetapi ia tidak cocok untuk beberapa aplikasi pemrosesan citra. Pada aplikasi pengenalan objek, lebih mudah mengindentifikasi objek dengan perbedaan *hue*-nya dengan cara memberikan nilai ambang pada rentang nilai-nilai *hue* (panjang gelombang spektrum) yang melengkapi objek. Masalahnya, bagaimana melakukan pengambangan pada ruang warna *RGB* dan apa rumus mengaplikasikannya?. Masalah ini lebih mudah dipecahkan bila nilai *RGB* dikonversi ke nilai *intensity (I), hue (H),*dan *saturation (S)*.

Aplikasi yang lain misalnya dalam pemampatan citra. Melakukan pemampatan secara terpisah pada setiap nilai *R, G,* dan *B* tidak disarankan, karena data yang dimampatkan 3 kali lebih banyak dan waktu pemampatannya 3 kali lebih lama daripada waktu pemampatan citra skala-abunya. Pemampatan citra lebih relevan bila warna *RGB*-nya dikonversikan ke *IHS* karena algoritma pemampatan pada citra skala-abu dilakukan pada komponen *I,* sedangkan nilai *H* dan *S* dikodekan dengan cara yang lain dengan sedikit atausama sekali tidak ada degradasi.

Model warna *IHS* mempersentasikan warna dalam terminology *intensity, hue,*dan *saturation*. Dari diagram kromatisitas, buatlah segitiga yang menghubungkan tiga warna pokok red, green, blue (gambar 6.5). Titik-titik pada segitiga menyatakan warna yang dapat dihasilkan dari pencampuran warna titik sudut. Titik tengah segitiga menyatakan warna putih, yaitu pencampuran warna pokok dengan warna fraksi yang sama.



Gambar 6.5 *Segitiga HIS*

Komponen RGB dari citra berwarna dapat dikonversikan ke model warna *IHS.* Dengan mengasumsikan komponen RGB telah dinormalisasikan ke 1, maka *I* dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \tag{6.16}$$

Persamaan 12.22 diatas sering digunakan untuk mengubah citra berwarna menjadi citra skala-abu.

H dihitung dengan rumus:

$$H = \cos^{-1}\frac{2R-G-B}{2\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}} \tag{6.17}$$

Nilai *S* dihitung dengan rumus:

$$S = 1-\frac{3}{R+G+B}\min(R,G,B) \tag{6.18}$$

Alternatif lain mengubah model *RGB* ke model *IHS* adalah sebagai berikut. Konversi dari model RGB ke model IHS dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah merotasikan koordinat *RGB* ke sistem koordinat (I,V_1,V_2) dengan transformasi:

$$\begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 \\ 0 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 2/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (6.19)$$

Langkah kedua adalah menghitung *H* dan *S* dari koordinat (V_1, V_2):

$$H = \tan^{-1}(V_2 / V_1) \quad (6.20)$$

$$S = (V_1^{\,2} + V_2^{\,2})^{1/2} \quad (6.21)$$

Nilai H adalah dalam selang $[0,2\pi]$ atausetara dengan $[0,36^0]$.

Transformasi dari model *IHS* ke model *RGB* dapat dilakukan dengan prosedur balikan:

$V_1 = S \cos(H)$ (6.22)

$V_2 = S \sin(H)$ (6.23)

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{3}/3 & 0 & 2/\sqrt{6} \\ \sqrt{3}/3 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{6} \\ \sqrt{3}/3 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{6} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (6.24)$$

Dengan transformasi *RGB* ke *IHS*, maka algoritma pemrosesan citra yang semula untuk citra skala-abu dapat diterapkan pada komponen *intensity,* sedangkan alogritma segmentasi citra dapat dilakukan pada komonen *H.*

Tranformasi citra dari basis *RGB* ke baris *IHS* dilakukan sebelum pemrosesan citra. Citra yang sudah diproses dapat dikonversikan kembali ke basis *RGB* untuk tujuan *display.*