

Perubahan Latar Waktu Citra dengan *Histogram Specification*

Feralezer L. G. Tampubolon (13519062)

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
E-mail: 13519062@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Spesifikasi Histogram (*Histogram Specification*) merupakan suatu teknik perbaikan kualitas citra yang dapat digunakan untuk mengganti pewarnaan suatu citra asal menjadi pewarnaan suatu citra referensi. Pada makalah ini, dilakukan eksplorasi terhadap penerapan spesifikasi histogram untuk mengubah latar waktu citra dari siang ke malam.

Kata kunci—spesifikasi histogram, pengolahan citra, warna

I. PENDAHULUAN

Suatu citra yang diambil secara *outdoor* pasti memiliki latar waktu. Latar waktu menggambarkan waktu pengambilan citra tersebut. Citra yang diambil pada saat siang hari pasti menunjukkan pewarnaan pada objek-objek yang hanya mungkin terjadi pada waktu siang hari. Demikian pula, citra yang diambil pada saat malam hari akan menunjukkan pewarnaan pada objek-objek yang hanya mungkin terjadi pada waktu malam hari.

Dari sekian banyak teknik pengolahan citra, teknik spesifikasi histogram (*histogram specification*) dapat digunakan untuk mengganti pewarnaan suatu citra asal menjadi pewarnaan suatu citra referensi. Pertanyaannya, dapatkah proses penggantian pewarnaan suatu citra menyebabkan latar waktu suatu citra ikut berubah?

II. DASAR TEORI

A. Ruang Warna

Ruang warna merupakan suatu sistem koordinat yang dibuat agar warna dapat direpresentasikan secara digital. Di dalam ruang warna, setiap warna akan disajikan dalam bentuk titik [1]. Warna yang unik/titik yang unik akan memiliki koordinat yang unik pula. Berikut ini ruang warna-ruang warna yang penting untuk diketahui dalam kaitannya dengan makalah ini.

1) Ruang Warna RGB

Ruang warna RGB merupakan suatu ruang warna yang dibentuk berdasarkan pemahaman mengenai spektrum warna, bahwa warna cahaya ditentukan oleh panjang gelombangnya (panjang gelombang cahaya tersebut). Adapun cahaya yang dapat diindera oleh mata manusia adalah cahaya yang masuk ke dalam *visible spectrum* (spektrum tampak). Cahaya-cahaya ini

memiliki panjang gelombang dengan kisaran 400 hingga 700 nanometer [1]. Warna-warna pada pelangi (Gbr. 1) menunjukkan keterkaitan antara warna cahaya dengan panjang gelombangnya. Cahaya merah terletak pada sisi luar busur pelangi karena panjang gelombangnya kira-kira 700nm; ini lebih panjang dari cahaya-cahaya spektrum tampak lainnya. Sementara itu, cahaya biru terletak pada sisi dalam busur pelangi karena panjang gelombangnya hanya sekitar 400nm. Di tengah-tengahnya terdapat cahaya hijau, dengan panjang gelombang sekitar 520nm. Ketiga warna: merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*) ini disebut sebagai warna pokok (*primary colors*) [1], yang dapat “dicampur” (melalui interferensi gelombang) untuk menghasilkan warna-warna lain pada *visible spectrum*. Intensitas ketiga warna primer inilah yang membentuk sumbu-sumbu pada ruang warna RGB.



Gbr. 1. Busur pelangi (sumber: Johannes Bahrtd/Wikipedia [2])

Ruang warna RGB digunakan pada sistem-sistem tampilan layar elektronik. Suatu layar elektronik sebenarnya merupakan kumpulan dari banyak sekali LED merah, hijau, dan biru yang diprogram untuk dapat menyala atau padam berdasarkan perintah yang diberikan. Untuk menghasilkan warna hijau, misalnya, kirimkan perintah agar LED merah padam, LED hijau menyala, dan LED biru padam. Untuk menghasilkan warna

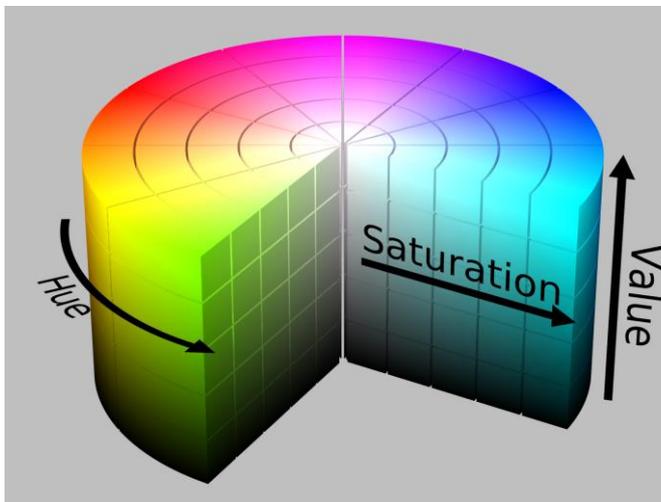
kuning, kirimkan perintah agar LED merah menyala, LED hijau menyala, dan LED biru padam.

2) Ruang Warna XYZ

Ruang warna XYZ merupakan ruang warna yang dasar pembentukannya mirip dengan ruang warna RGB, yaitu menggunakan warna-warna pokok. Bedanya, warna-warna pokok pada ruang warna XYZ merupakan warna-warna pokok fiktif yang dilambangkan dengan X, Y, dan Z [3]. Ruang warna XYZ ini dikembangkan oleh suatu lembaga internasional bernama *Commission Internationale de l'éclairage* (Internasional Comission on Illumination, biasa disingkat CIE). Ruang warna XYZ ini dikembangkan sebagai suatu standar yang bersifat *device independent*, sehingga transformasi ke dan dari ruang warna XYZ bisa digunakan sebagai transformasi antara ketika ingin melakukan konversi warna dari satu ruang warna ke ruang warna yang lain.

3) Ruang Warna HSV

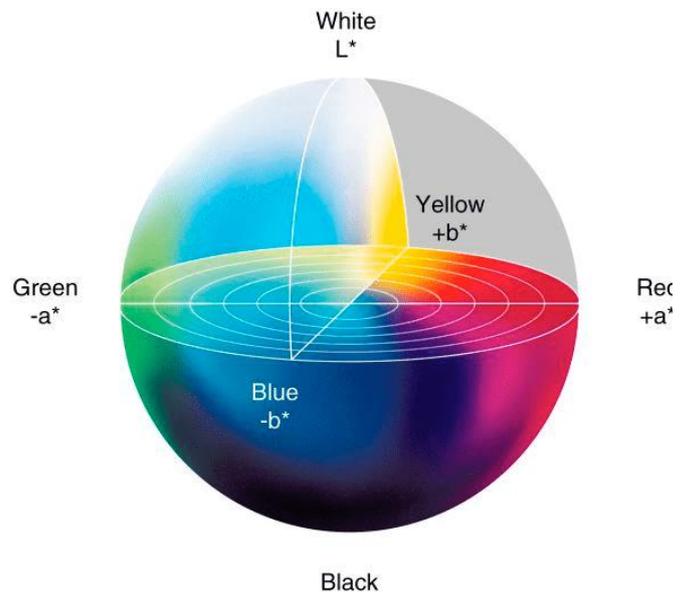
Ruang warna HSV dibentuk berdasarkan kenyataan bahwa manusia tidak lazim mendeskripsikan warna sebagai paduan dari warna-warna pokok. Yang biasa manusia lakukan ketika mendeskripsikan suatu warna adalah menyebutkan corak (*hue*), kemurnian/kejenuhan (*saturation*), serta kecerahan (*value*) dari warna tersebut. Sistem koordinat pada ruang warna HSV merupakan suatu sistem koordinat silindrikal (Gbr. 2), dengan besar sudut mewakili *hue*, panjang jari-jari mewakili *saturation*, dan tinggi/kedalaman/nilai pada sumbu-z mewakili *value*.



Gbr. 2. Silinder warna HSV (sumber: SharkD/Wikipedia [4])

4) Ruang Warna $L^*a^*b^*$

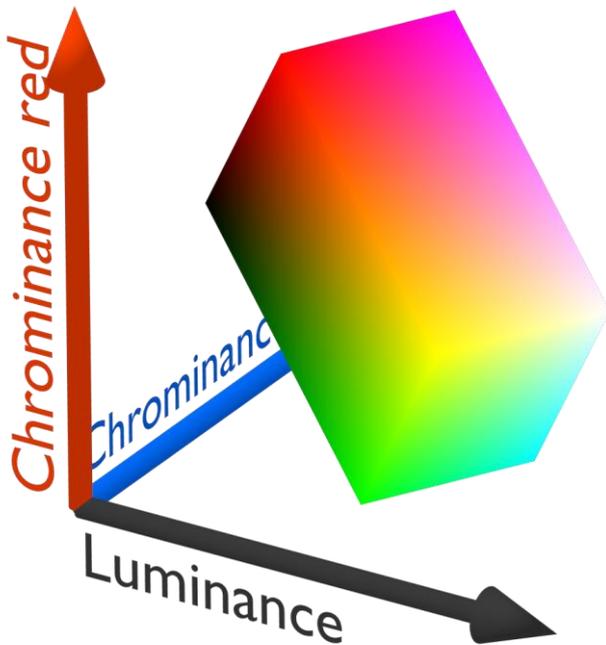
Ruang warna $L^*a^*b^*$ (Gbr. 3) merupakan ruang warna yang dibentuk oleh CIE (lembaga yang membentuk ruang warna XYZ) dengan harapan dapat merepresentasikan ukuran kemiripan warna yang digunakan oleh sistem persepsi manusia dalam bentuk jarak antartitik. Semakin kecil jarak antar dua buah warna pada ruang warna $L^*a^*b^*$, semakin sulit sistem persepsi manusia membedakan kedua warna tersebut.



Gbr. 3. Ruang warna $L^*a^*b^*$ (sumber: PyImageSearch [5])

5) Ruang Warna YCbCr

Ruang warna YCbCr (Gbr. 4) merupakan ruang warna yang dihasilkan dari suatu upaya untuk mendekomposisi ruang warna berbasis warna-warna pokok (seperti RGB) ke dalam ruang warna dengan satu komponen hitam-putih (disebut *luma*) dan dua komponen warna (disebut *chroma*) dengan menggunakan kombinasi linier. Perhatikan bahwa cara ruang warna YCbCr merepresentasikan warna mirip dengan cara ruang warna $L^*a^*b^*$ merepresentasikan warna. Akan tetapi, ruang warna YCbCr lebih mengutamakan efisiensi dan kemudahan transformasi dari RGB, sementara ruang warna $L^*a^*b^*$ mengutamakan kemiripan antara representasi dengan sistem persepsi manusia. Ruang warna YCbCr digunakan dalam algoritma kompresi citra seperti kompresi JPEG.



Gbr. 4. Ruang warna YCbCr (sumber: Christoph Peters/Wikipedia [6])

B. Citra Grayscale

Citra grayscale, adalah citra yang hanya memiliki informasi *luma* dan tidak memiliki informasi *chroma*. Akibatnya, citra ini tidak memiliki warna/citranya hitam-putih.

Pada makalah ini, grayscale akan diasumsikan sebagai suatu ruang warna.

C. Spesifikasi Histogram

Secara formal, histogram citra adalah grafik yang menggambarkan penyebaran nilai-nilai intensitas *pixel* dari suatu citra atau bagian tertentu di dalam citra [7]. Akan tetapi, histogram juga bisa dianggap sebagai representasi grafik dari tabel frekuensi kemunculan derajat keabuan pada suatu citra. Dengan demikian, hasil normalisasi histogram merupakan distribusi peluang/fungsi peluang/fungsi padat peluang dari nilai derajat keabuan (*graylevel*) yang mungkin dimiliki oleh suatu *pixel* pada citra. Dengan kata lain, nilai (bukan posisi) derajat keabuan pada suatu *pixel* citra dapat diperoleh dengan melakukan pengambilan acak (*random sampling*) dari histogram citra tersebut.

Histogram seringkali digunakan dalam operasi-operasi perbaikan kualitas citra (*image enhancement*). Salah satu operasi tersebut adalah spesifikasi histogram (*histogram specification*), yang terkadang juga disebut sebagai pencocokan histogram (*histogram matching*). Spesifikasi histogram merupakan operasi yang akan mengubah pewarnaan pada suatu citra (sebut saja citra asal) agar jadi mirip dengan pewarnaan pada suatu citra lain (sebut saja citra referensi). Caranya adalah dengan mengubah histogram citra asal agar jadi mirip dengan histogram citra referensi. Pada dunia statistika, operasi ini dikenal dengan nama *inverse transform sampling*. Rumus yang dipakai pada operasi spesifikasi histogram adalah

$$s_k = G^{-1}(T(r_k)) \quad (1)$$

Dengan r adalah nilai derajat keabuan suatu *pixel* pada citra asal, k adalah posisi *pixel* tersebut, s adalah nilai derajat keabuan *pixel* tersebut pada citra hasil spesifikasi, T adalah distribusi kumulatif nilai derajat keabuan pada citra asal, dan G adalah balikan dari distribusi kumulatif nilai derajat keabuan pada citra referensi.

III. METODOLOGI

Akan dilakukan implementasi suatu program yang dapat mengubah latar waktu suatu citra jadi seperti latar waktu pada suatu citra lain. Implementasi dilakukan dengan membuat suatu program MATLAB yang memiliki struktur sebagai berikut.

A. Fungsi Pembantu

1) *load_image.m*

Fungsi ini dipakai untuk me-load citra ke dalam program MATLAB.

```
function image = load_image(mode)
    [file, path] =
    uigetfile({'*.bmp;*.jpg;*.png;*.tif';
    'Supported Image Files
    (*.bmp,*.jpg,*.png,*.tif)'});
    if ~isequal(file, 0)
        image = imread(fullfile(path,
    file));
    if isequal(mode, 'grayscale')
        image = im2gray(image);
    else
        if numel(size(image)) == 2
            image = image(:, :, [1 1
    1]);
        end
    end
    end
end
```

2) *make_histogram.m*

Fungsi ini dipakai untuk membuat histogram suatu citra masukan r .

```
function r_histogram = make_histogram(r)
    n = 1;
    n = n + cast(intmax(class(r)),
    class(n));
    r_histogram = zeros(1, n);
    for i = 1 : n
        r_histogram(i) = numel(find(r ==
    (i - 1)));
    end
end
```

3) *make_transformation.m*

Fungsi ini dipakai untuk mencari fungsi distribusi/distribusi kumulatif nilai derajat keabuan milik suatu citra masukan r.

```
function transformation =  
make_transformation(r)  
  
% create histogram for 'r'  
r_histogram = make_histogram(r);  
  
% normalize  
transformation = r_histogram ./  
numel(r);  
  
% make transformation for 'r'  
values = numel(r_histogram);  
for value = 2 : values  
    transformation(value) =  
transformation(value) +  
transformation(value - 1);  
end  
transformation = transformation .*  
(values - 1);  
  
end
```

4) *specify_histogram.m*

Fungsi ini dipakai untuk melakukan spesifikasi histogram terhadap citra asal r menggunakan citra referensi z.

```
function [s, s_transformation] =  
specify_histogram(r, z)  
  
% create transformation for both 'r'  
and 'z'  
r_transformation =  
make_transformation(r);  
z_transformation =  
make_transformation(z);  
  
% create s_transformation(x) =  
z_inverse_transformation(r_transformatio  
n(x))  
values = numel(r_transformation);  
s_transformation = zeros(1, values);  
for r_value = 1 : values  
    [~, s_value] =  
min(abs(z_transformation -  
r_transformation(r_value)));
```

```
        s_transformation(r_value) =  
s_value - 1;  
end  
  
% create specified image 's' based  
on 'r'  
s = zeros(size(r), class(r));  
for i = 1 : numel(r)  
    s(i) = s_transformation(r(i) +  
1);  
end  
  
end
```

5) *lab2norm.m*

Fungsi untuk melakukan normalisasi terhadap nilai derajat keabuan citra pada ruang warna $L^*a^*b^*$.

```
function s = lab2norm(r)  
s = zeros(size(r), class(r));  
s(:, :, 1) = r(:, :, 1) ./ 100;  
s(:, :, 2:3) = (r(:, :, 2:3) + 128)  
./ 255;  
end
```

6) *norm2lab.m*

Fungsi untuk mengembalikan nilai derajat keabuan citra yang telah ternormalisasi pada ruang warna $L^*a^*b^*$.

```
function s = norm2lab(r)  
s = zeros(size(r), class(r));  
s(:, :, 1) = r(:, :, 1) .* 100;  
s(:, :, 2:3) = (r(:, :, 2:3) .* 255)  
- 128;  
end
```

B. Program Utama

Berikut ini alur kerja program utama.

- Tentukan citra asal.
- Tentukan citra referensi.
- Transformasi citra asal dan citra referensi ke dalam ruang warna yang diinginkan (awalnya, kedua citra berada dalam ruang warna RGB).
- Cari fungsi distribusi/distribusi kumulatif nilai derajat keabuan milik citra asal pada ruang warna tersebut.
- Cari fungsi distribusi/distribusi kumulatif nilai derajat keabuan milik citra referensi pada ruang warna tersebut.
- Lakukan spesifikasi histogram terhadap citra asal menggunakan citra referensi.
- Transformasi citra hasil spesifikasi ke dalam ruang warna RGB.

TABLE I. HASIL SPESIFIKASI HISTOGRAM UNTUK CITRA UJI "BLISS"

Citra Asal [8]	Citra Referensi [9]	Hasil Spesifikasi (RGB)	Hasil Spesifikasi (XYZ)
			
Hasil Spesifikasi (HSV)	Hasil Spesifikasi (L*a*b*)	Hasil Spesifikasi (YCrCb)	Hasil Spesifikasi (Grayscale)
			

Sebagai catatan, spesifikasi histogram akan dilakukan dalam ruang warna RGB, XYZ, HSV, L*a*b*, YCrCb, dan Grayscale.

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Citra Uji "Bliss"

Hasil perubahan latar waktu citra "Bliss" dapat dilihat pada tabel 1. Perhatikan bahwa tidak semua ruang warna berhasil memberikan hasil yang memuaskan. Pada ruang warna XYZ dan HSV, misalnya, terlihat kalau ada informasi warna yang hilang. Pada ruang warna Grayscale, warna hijau pada rumput jadi hilang. Hasil paling baik diperoleh pada ruang warna L*a*b* dan YCrCb. Oleh sebab itu, untuk citra uji selanjutnya, hanya akan ditampilkan hasil spesifikasi pada ruang warna L*a*b* dan YCrCb.

B. Citra Uji Pesawat Ulang Alik

Hasil perubahan latar waktu citra pesawat ulang alik dapat dilihat pada tabel 2. Perhatikan bahwa kedua gambar citra hasil spesifikasi memberikan kesan kalau peluncuran terjadi pada malam hari, padahal sebenarnya peluncuran terjadi pada siang hari.

V. KESIMPULAN

Teknik spesifikasi histogram berhasil dipakai untuk melakukan perubahan pada latar waktu citra.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan syukur kepada Tuhan karena tanpa bimbingan dan penyertaan-Nya makalah ini tidak dapat selesai. Penulis juga ingin berterima kasih kepada Bapak Rinaldi Munir selaku dosen pengampu IF4073 Interpretasi dan Pengolahan Citra Institut Teknologi Bandung, Semester I Tahun 2022/2023 yang telah mengajarkan ilmu- ilmu yang diperlukan penulis untuk dapat mengerjakan makalah ini dengan baik.

REFERENSI

[1] R. Munir, "Warna (Bagian 1)," Homepage Rinaldi Munir, diakses pada 19 Desember 2022 <<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Citra/2021-2022/16-Warna-bagian1-2022.pdf>>.

[2] J. Bahrtd, "File:Supernumerary-rainbows-jb.jpg," Wikipedia, diakses pada 19 Desember 2022 <<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Supernumerary-rainbows-jb.jpg>>.

[3] R. Munir, "Warna (Bagian 2)," Homepage Rinaldi Munir, diakses pada 19 Desember 2022 <<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Citra/2021-2022/17-Warna-bagian2-2022.pdf>>.

[4] SharkD, "File:HSV color solid cylinder saturation gray.png," Wikipedia, diakses pada 19 Desember 2022 <https://en.wikipedia.org/wiki/File:HSV_color_solid_cylinder_saturation_gray.png>.

[5] A. Rosebrock, "OpenCV Color Spaces (cv2.cvtColor)," PyImageSearch, diakses pada 19 Desember 2022 <<https://pyimagesearch.com/2021/04/28/opencv-color-spaces-cv2-cvtColor/>>.

[6] C. Peters, "File:YCbCrColorSpace Perspective.png," Wikipedia, diakses pada 19 Desember 2022 <https://en.wikipedia.org/wiki/File:YCbCrColorSpace_Perspective.png>.

[7] R. Munir, "Histogram Citra," Homepage Rinaldi Munir, diakses pada 19 Desember 2022 <<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Citra/2020-2021/06-Image-Histogram-2021.pdf>>.

[8] The Microsoft 365 Marketing Team, "Get nostalgic with new Microsoft Teams backgrounds," Microsoft, diambil pada 19 Desember 2022 <<https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/blog/2021/07/08/get-nostalgic-with-new-microsoft-teams-backgrounds/>>.

[9] ialeman, "Sky Background at Night # 1 (6K Starry Night)," x3dRoad, diambil pada 19 Desember 2022 <<https://x3droad.com/sky-background-at-night-n1-starry-night/>>.

[10] NASA, "File:STS120LaunchHiRes-edit1.jpg," Wikipedia, diakses pada 19 Desember 2022 <<https://en.wikipedia.org/wiki/File:STS120LaunchHiRes-edit1.jpg>>.

[11] NASA, "File:STS-116 Launch (KSC-06PD-2750) cropped.jpg," Wikipedia, diakses pada 19 Desember 2022 <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:STS-116_Launch_%28KSC-06PD-2750%29_cropped.jpg>.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 19 Desember 2022



Feralezer L. G. Tampubolon
13519062

TABLE II. HASIL SPESIFIKASI HISTOGRAM UNTUK CITRA UJI PESAWAT ULANG ALIK

Citra Asal [10]



Citra Referensi [11]



Hasil Spesifikasi ($L^*a^*b^*$)



Hasil Spesifikasi (YCbCr)

