

# Evaluasi Penggunaan LUT pada Citra Berbasis Deteksi Tepi

Aurelius Marcel Candra - 13519198  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung  
E-mail: aureliusmarcelmc@gmail.com

**Abstrak**—Citra visual berupa foto dan film di zaman sekarang yang memiliki tampilan visual menarik sangat dipengaruhi oleh komposisi warna yang digunakan. Untuk mendapatkan komposisi warna yang diinginkan, industri fotografi dan videografi tidak hanya mengandalkan lensa kamera, melainkan perlu juga melakukan proses tambahan pada tahapan pasca-produksi. LUT (*Look-up Table*), sebagai solusi yang umum digunakan, adalah semacam template yang dapat ditambahkan pada citra untuk memperkaya komposisi warna. Namun, LUT memiliki kendala tersendiri karena hanya dapat dievaluasi berdasarkan kualitas citra yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu semacam evaluasi objektif untuk menentukan LUT mana yang lebih cocok digunakan pada citra tertentu.

**Kata kunci**—evaluasi; LUT; deteksi tepi

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dari masa ke masa yang semakin canggih berdampak positif terhadap berbagai bidang, termasuk industri fotografi dan videografi. Dengan memanfaatkan perkembangan teknologi seperti kamera, komputer, dan media penampil seperti monitor, karya-karya citra visual zaman sekarang seperti foto, video, dan film sudah memiliki kualitas tersendiri yang memikat mata oleh karena ketajaman resolusi dan estetika yang disajikan. Salah satu komponen yang berpengaruh pada kualitas citra visual adalah komposisi warna yang digunakan.



Gambar I.1. Film ‘Dr. Strangelove’ (1964) dengan citra *grayscale* (sumber: <https://filmforum.org>)



Gambar II. 2. Film ‘The Wizard of Oz’ (1939) dengan citra berwarna (sumber: <https://www.tcm.com>)

Dalam industri fotografi dan videografi modern, sebuah citra visual yang berkualitas dapat diperoleh bergantung pada proses yang dilakukan pada tiga tahapan utama, yaitu pra-

produksi, saat produksi, dan pasca-produksi, dengan tahapan produksi dan pasca-produksi memberikan kontribusi paling besar. Video atau foto yang dihasilkan mentah dari kamera cenderung polos dari sisi komposisi warna yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan proses yang dinamakan *color correction* dan *color grading* pada tahapan pasca-produksi untuk memperbaiki kualitas akhir citra. Baik proses *color correction* dan *color grading*, dapat memanfaatkan semacam template yang dinamakan LUT (*Look-up Table*) untuk mempersingkat waktu pengerjaan, namun mampu memberikan hasil modifikasi komposisi warna yang seragam.

Penggunaan LUT ini, di satu sisi memberikan manfaat positif berupa proses yang singkat untuk mendapatkan citra visual yang estetik dan berkualitas, namun di sisi lain memberikan kendala bagi editor berupa ketidaktahuan parameter apa yang diubah dan seberapa jauh perubahan yang dilakukan. Dengan kata lain, LUT ini mirip dengan metode ‘*black box*’ yang hanya dapat dievaluasi hasilnya setelah dijalankan atau digunakan. Meskipun sudah digunakan, evaluasi citra LUT juga masih sulit dilakukan secara objektif, dan hanya bergantung pada intuisi subjektif editor untuk menentukan LUT mana yang paling cocok digunakan pada citra yang sedang diproses.

Pada makalah ini, diajukan semacam algoritma sederhana yang ditujukan untuk membantu melakukan penilaian atau evaluasi terhadap sekumpulan LUT menggunakan metode deteksi tepi. Metode deteksi tepi digunakan karena pertimbangan bahwa salah satu kunci kualitas citra visual adalah kontras. Seberapa kontras citra ini dapat diwakilkan dengan deteksi tepi karena menggambarkan transisi gelap-terang pada *pixel*. Kemudian, setelah diperoleh nilai evaluasi untuk masing-masing LUT, dapat dilanjutkan dengan penentuan LUT mana yang memberikan kualitas visual terbaik terhadap citra yang menjadi objek.

## II. DASAR TEORI

### A. LUT (*Lookup Table*)

LUT dalam bidang fotografi dan videografi didefinisikan sebagai semacam *template* yang mengubah, melakukan transformasi, atau memetakan nilai data pada citra semula

menjadi nilai baru atau dengan kata lain membuat perubahan pada tampilan citra, terutama pada komposisi warna yang digunakan (Kilefner, 2022). LUT dan dapat digunakan baik pada proses pra-produksi, saat produksi, dan pasca-produksi dengan tujuan yang kurang lebih serupa, yaitu memperoleh kualitas citra yang diinginkan. Walaupun dapat digunakan pada tahapan produksi mana pun, LUT paling umum dan paling mudah diimplementasikan pada tahapan pasca-produksi yang mana hanya perlu menerapkan LUT tersebut pada citra foto atau video dalam aplikasi editing, misalnya Premiere Pro, Final Cut, AVID, atau DaVinci Resolve (Kilefner, 2022).



Gambar II.1. Hasil penggunaan LUT Sebelum (bagian kiri); Sesudah (bagian kanan) (sumber: <https://filmlifestyle.com/what-is-a-lut/>)

Walaupun terminologi yang digunakan bisa bertukar atau memiliki kemiripan, LUT dapat dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan kegunaannya, sebagai berikut (Kilefner, 2022):

#### 1. Technical LUT

*Technical LUT* umum digunakan pada tahap pasca-produksi yang digunakan untuk melakukan transformasi citra, umumnya berupa video, dari satu ruang warna ke ruang warna lain, misalnya dari ruang warna standar Rec. 709 pada video beresolusi tinggi menjadi ruang warna DCI XYZ yang digunakan pada proyektor bioskop. Tipe LUT ini juga dikenal sebagai LUT transformasi (*transformation LUT*).

#### 2. Calibration LUT

*Calibration LUT* memiliki kemiripan dengan tipe *technical LUT* namun kadang disebut berbeda karena sesuai namanya digunakan untuk kalibrasi atau *profiling* layar monitor untuk mendapatkan ruang warna yang sesuai. Dengan demikian, hasil proses *color correction* atau *color grading* pada citra akan memiliki kualitas yang akurat dan konsisten terhadap ruang warna yang menjadi referensinya.

#### 3. Speed LUT

Dikenal juga sebagai *log normalization LUT*, *speed LUT* melakukan konversi cepat pada citra video dari ruang warna logaritmik kamera film menjadi ruang warna standar, seperti Rec. 709. Rekaman yang diperoleh dari kamera film dengan ruang warna logaritmik menghasilkan video dengan jangkauan warna yang dinamis, namun cenderung tampak sangat

polos (*flat*). Beberapa contoh *speed LUT* yaitu Sony's sLog, Canon's cLog, Red's REDLogFilm, ARRI's Log C, dan Blackmagic's Log.

#### 4. Viewing LUT

*Viewing LUT* umumnya digunakan pada tahapan produksi untuk membantu proses perekaman dengan memberikan tampilan akurat hasil rekaman dengan komposisi warna yang diinginkan. Karena kualitas citra hasil rekaman dengan kamera film cenderung polos, *viewing LUT* ini perlu digunakan untuk memberikan gambaran hasil rekaman yang sudah diberikan LUT tertentu dan memiliki komposisi warna yang diinginkan sehingga membantu proses penyesuaian jika diperlukan.

#### 5. Creative LUT

*Creative LUT* adalah tipe LUT yang paling mudah dikenali dan paling menarik untuk digunakan. *Creative LUT* memberikan perubahan warna yang drastis namun memberikan tampilan dan kualitas visual yang estetik. Pada umumnya, LUT ini digunakan pada tahap pasca-produksi dalam aplikasi editing.

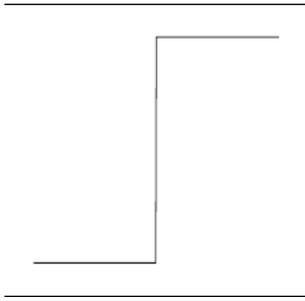
#### 6. 1D LUTs & 3D LUTs

Secara sederhana, 1D LUT berkaitan dengan pengaturan atau pemetaan parameter terbatas seperti *white point*, *color balance*, dan kontras. Sedangkan 3D LUT bisa memberikan pengaturan yang lebih luas, meliputi *hue*, *saturation*, dan *luminance (brightness)* dalam ruang tiga dimensi. Tipe 3D LUT lebih umum digunakan dibandingkan 1D LUT. Selain itu, 3D LUT memiliki ekstensi file “.cube”, sedangkan 1D LUT memiliki ekstensi file “.lut”.

### B. Deteksi Tepi (Edge Detection)

Dalam bidang *computer vision*, deteksi tepi didefinisikan sebagai proses memperoleh properti atau fitur dari objek dalam sebuah citra. Fitur objek yang dapat ditangkap dapat berupa diskontinuitas dalam fotometri, geometri, dan bentuk fisik (Ziou & Tabbone, 1998). Definisi lain dari deteksi tepi yang lebih spesifik adalah proses mencari dan melakukan identifikasi diskontinuitas tajam dalam sebuah citra (Maini & Aggarwal, 2009). Dari aspek matematika sederhana, deteksi tepi dilakukan dengan cara melakukan konvolusi antara citra dan sebuah matriks filter dua dimensi yang memiliki komposisi elemen dengan nilai tertentu.

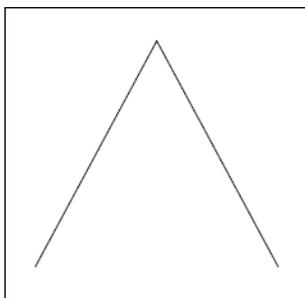
Secara fisik, tepian objek berkorespondensi dengan variasi nilai pada pantulan, pencahayaan, orientasi, dan kedalaman permukaan yang tertangkap layar. Dikarenakan intensitas citra relatif proporsional terhadap tingkat pencahayaan pada objek yang tertangkap layar, tepian objek direpresentasikan dalam fungsi perubahan nilai intensitas pada citra (Ziou & Tabbone, 1998). Bentuk variasi intensitas yang umum dan mudah dideteksi yaitu, *step edges* (tepi pijak), *line edges* (tepi garis), dan *junctions* (persimpangan).



Gambar II.2. Profil *step edges*  
(sumber: *Edge Detection Techniques – An Overview*)

*Step edges* adalah bentuk tepian yang paling umum dijumpai. Tepian ini secara fisik dapat terbentuk karena fenomena seperti objek yang terletak lebih dekat dengan kamera sehingga menutupi sebagian permukaan objek di belakangnya atau akibat bayangan yang terbentuk di atas permukaan sebuah objek (Ziou & Tabbone, 1998). Dalam konteks citra, *step edges* terbentuk di antara dua area yang memiliki nilai keabuan hampir konstan di areanya sendiri namun berbeda signifikan ketika kedua area terletak bersebelahan.

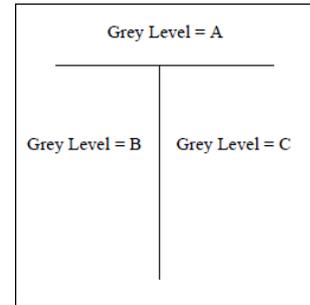
Diskontinuitas sebagai aspek yang difokuskan dalam deteksi tepi adalah bentuk perubahan nilai keabuan mendadak yang terdefinisi dalam *step edges*. Jika digambarkan dalam bentuk grafik nilai keabuan untuk setiap *pixel* dalam sebuah area, *step edges* dalam kondisi ideal akan membentuk fungsi loncatan seperti pijakan anak tangga. Dengan demikian, turunan pertama tepian ini akan membentuk ekstrem lokal, baik bernilai positif atau negatif, sedangkan turunan kedua akan membentuk *zero-crossings*, yaitu perubahan dari nilai positif ke negatif atau sebaliknya yang bertemu di nilai nol. Dalam citra dua dimensi, turunan pertama dapat diperoleh dengan operator gradien, sedangkan untuk turunan kedua digunakan pendekatan Laplacian atau turunan kedua mengikuti arah gradien (Ziou & Tabbone, 1998).



Gambar II.3. Profil *line edges*  
(sumber: *Edge Detection Techniques – An Overview*)

*Line edges* terbentuk dari hasil pencahayaan serupa antara dua buah objek yang terletak bersebelahan atau objek tipis pada sebuah latar (Ziou & Tabbone, 1998). Tepi garis memiliki karakteristik berupa lokal ekstrem pada citra sehingga turunan pertama akan membentuk *zero-crossings*, sedangkan turunan

kedua akan membentuk lokal maksimum dengan pendekatan Laplacian.



Gambar II.4. Profil *junctions*  
(sumber: *Edge Detection Techniques – An Overview*)

*Junctions* atau persimpangan secara fisik terbentuk ketika setidaknya dua buah tepi fisik bertemu. Selain itu, terdapat kondisi tambahan yang juga dapat menimbulkan terbentuknya persimpangan dalam citra, seperti efek pencahayaan atau karena objek yang saling menutupi atau menindih. Persimpangan merupakan fitur dalam bentuk dua dimensi yang dapat memiliki beberapa model umum, seperti bentuk menyerupai T, L, Y, dan X. Persimpangan dapat diidentifikasi dengan beberapa cara, seperti mencari titik dengan lengkungan tinggi, mencari titik dengan variasi yang besar pada orientasi gradien, atau mencari *zero-crossings* dari pendekatan Laplacian dengan lengkungan tinggi atau terletak dekat lengkungan elips ekstrem (Ziou & Tabbone, 1998).

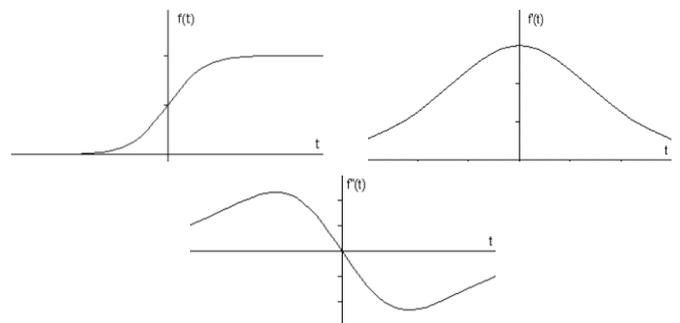
Berbagai metode deteksi tepi dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan basis yang digunakan (Maini & Aggarwal, 2009), sebagai berikut:

1. Deteksi Tepi dengan Basis Gradien

Deteksi tepi dilakukan dengan mencari nilai maksimum dan minimum dari turunan pertama pada citra.

2. Deteksi Tepi dengan Basis Laplacian

Deteksi tepi dilakukan dengan mencari *zero-crossing* dari turunan kedua pada citra.



Gambar II.5. Grafik turunan profil tepi  
Grafik perubahan nilai keabuan (kiri atas); Turunan pertama (kanan atas); Turunan kedua (bawah)  
(sumber: *Study and comparison of various image edge detection techniques*)

Pada ilustrasi gambar II.5., terlihat bahwa turunan pertama memiliki nilai maksimum pada bagian tengah sinyal tepi. Deteksi tepi dengan cara mengidentifikasi titik maksimum pada turunan pertama termasuk ke dalam kelompok deteksi tepi dengan basis gradien, salah satu contohnya adalah metode Sobel. Setelah dicari turunan pertamanya, sebuah pixel baru dapat diklasifikasikan sebagai tepian jika memiliki nilai turunan di atas ambang batas tertentu. Berikutnya, ketika turunan pertama mencapai nilai maksimum, turunan kedua akan bernilai nol atau disebut juga sebagai zero-crossing. Dengan demikian, terdapat alternatif lain untuk mendeteksi tepi, yaitu dengan cara mencari titik-titik dengan nilai nol pada turunan kedua citra, yang dikenal sebagai metode Laplacian.



Gambar II.6. Hasil deteksi tepi dengan berbagai operator Citra awal (kiri atas); Sobel (kanan atas); Prewitt (tengah kiri); Robert (tengah kanan); Laplacian (kiri bawah); LoG (kanan bawah)

(sumber: *Study and comparison of various image edge detection techniques*)

Metode deteksi tepi yang umum digunakan di antaranya adalah operator Sobel, operator Prewitt, operator silang Robert, Laplacian of Gaussian (LoG), dan operator Canny yang dinilai sebagai metode deteksi tepi yang memberikan hasil paling optimal. Perbandingan hasil uji berbagai operator deteksi tepi disajikan dalam gambar II.6.

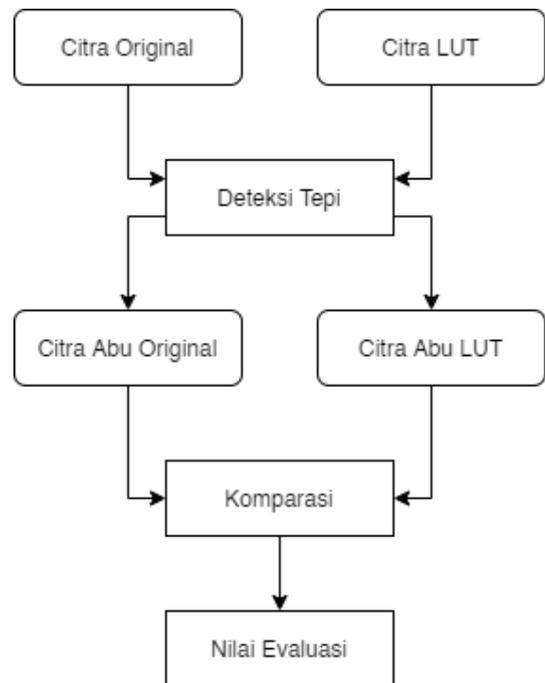
### III. PERCOBAAN

#### A. Algoritma

Program yang dibuat akan melakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menerima citra original dan citra original yang diberikan LUT. Pemberian efek LUT pada citra original dilakukan pada aplikasi Adobe Premiere Pro, kemudian hasilnya di-*export* dan disimpan kembali dalam file baru dengan ekstensi .jpg.
2. Deteksi tepi akan dilakukan terhadap kedua citra masukan dengan operator yang sama, yaitu operator Sobel.
3. Dilakukan iterasi pada masing-masing *pixel* pada citra abu hasil deteksi tepi. Untuk masing-masing *pixel*, akan diambil nilai keabuan yang tersimpan dan diakumulasikan.
4. Jika akumulasi nilai keabuan *pixel* pada citra hasil modifikasi LUT lebih rendah dari pada akumulasi nilai keabuan *pixel* pada citra original, pemberian LUT pada citra tersebut dinilai memperburuk kualitas kontras citra, dan sebaliknya jika nilai akumulasi citra dengan LUT lebih besar dari pada akumulasi pada citra original.
5. Nilai evaluasi diperoleh dengan melakukan pengurangan antara nilai akumulasi *pixel* pada citra LUT dengan akumulasi *pixel* pada citra original. Nilai evaluasi ini dapat digunakan sebagai metrik untuk mengukur kualitas citra yang dihasilkan dari penggunaan beberapa macam LUT.

Blok diagram yang menggambarkan algoritma program secara sederhana ditampilkan pada gambar III.1.



Gambar III.1. Blok diagram algoritma (sumber: dokumen penulis)

## B. Kode Program

```

img_ori = imread("Input_ori.jpg");
img_LUT = imread("Input_LUT.jpg");

[N_row, N_column, N_depth] = size(imdata_ori);

% Matriks mask konvolusi Sobel sumbu-x
mask_x = [ -1 0 1;
           -2 0 2;
           -1 0 1 ];
% Matriks mask konvolusi Sobel sumbu-y
mask_y = [ -1 -2 -1;
           0 0 0;
           1 2 1 ];

% Akumulator
sum_pixel_ori = 0;
sum_pixel_LUT = 0;

% Iterasi untuk setiap kanal warna
for k=1:N_depth
    % Konvolusi citra original
    edge_data_x_ori = conv2(img_ori(:,:,k),
double(mask_x), 'same');
    edge_data_y_ori = conv2(img_ori(:,:,k),
double(mask_y), 'same');
    edge_data_ori = sqrt(edge_data_x_ori .^ 2 +
edge_data_y_ori .^ 2);

    % Konvolusi citra LUT
    edge_data_x_LUT = conv2(img_LUT(:,:,k),
double(mask_x), 'same');
    edge_data_y_LUT = conv2(img_LUT(:,:,k),
double(mask_y), 'same');
    edge_data_LUT = sqrt(edge_data_x_LUT .^ 2 +
edge_data_y_LUT .^ 2);

    % Iterasi akumulator
    for i=1:N_row
        for j=1:N_column
            % *Dilakukan normalisasi (untuk
mereduksi nilai)
            sum_pixel_ori = sum_pixel_ori +
(double(edge_data_ori(i,j) / 255));
            sum_pixel_LUT = sum_pixel_LUT +
(double(edge_data_LUT(i,j) / 255));
        end
    end

    if k == 1
imwrite(uint8(edge_data_ori),"Output_ori_R.jpg");
imwrite(uint8(edge_data_LUT),"Output_LUT_R.jpg");
    end
    if k == 2
imwrite(uint8(edge_data_ori),"Output_ori_G.jpg");
imwrite(uint8(edge_data_LUT),"Output_LUT_G.jpg");
    end
    if k == 3

```

```

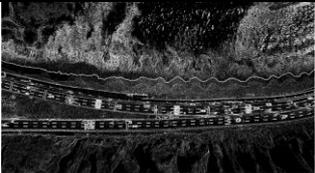
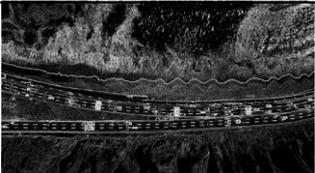
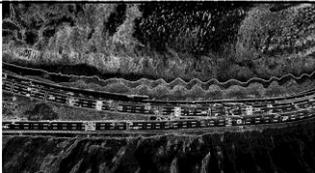
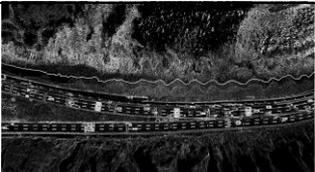
imwrite(uint8(edge_data_ori),"Output_ori_B.jpg");
imwrite(uint8(edge_data_LUT),"Output_LUT_B.jpg");
    end
end

disp("Hasil Evaluasi:");
disp(sum_pixel_LUT - sum_pixel_ori);

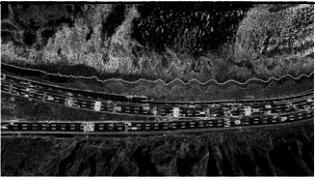
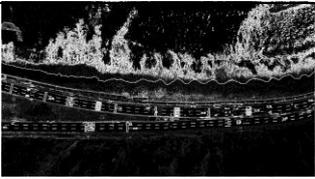
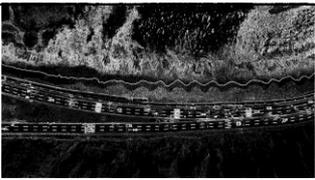
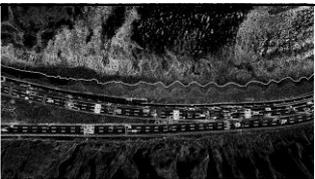
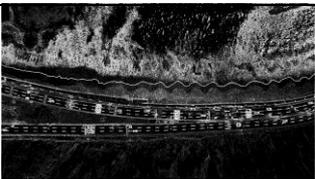
```

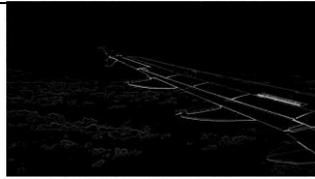
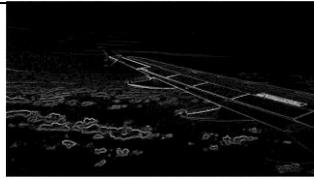
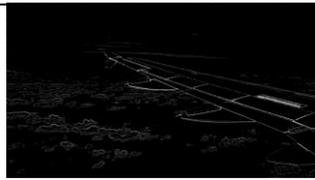
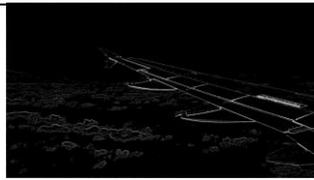
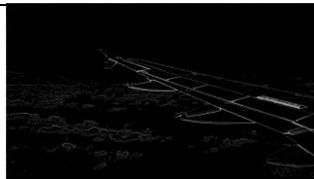
## C. Hasil

Untuk percobaan pertama, digunakan sebuah citra sampel berupa cuplikan video jalan raya di pinggir pantai (diperoleh dari <https://mixkit.co>) dengan LUT uji 'Cine-6-debarup' (diperoleh dari <https://www.toneden.io/debrup-travel--films>).

Citra Original	Citra LUT
	
Deteksi Tepi Kanal R	
	
Deteksi Tepi Kanal G	
	
Deteksi Tepi Kanal B	
	
Nilai Akumulasi Keabuan	
1348024	1699593
Nilai Evaluasi LUT	
351569	

Percobaan kedua masih menggunakan citra sampel yang sama namun menggunakan LUT berbeda, yaitu 'Cine-4-debarup' (diperoleh dari <https://www.toneden.io/debrup-travel--films>).

Citra Original	Citra LUT
	
Deteksi Tepi Kanal R	
	
Deteksi Tepi Kanal G	
	
Deteksi Tepi Kanal B	
	
Nilai Akumulasi Keabuan	
1348024	1350313
Nilai Evaluasi LUT	
2289	

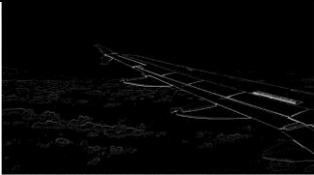
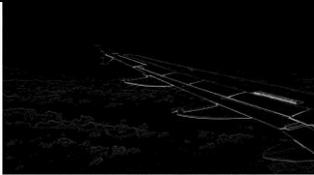
Citra Original	Citra LUT
	
Deteksi Tepi Kanal R	
	
Deteksi Tepi Kanal G	
	
Deteksi Tepi Kanal B	
	
Nilai Akumulasi Keabuan	
294334	347742
Nilai Evaluasi LUT	
53408	

Berdasarkan hasil percobaan, kedua citra yang diberikan LUT memiliki tampilan yang lebih baik dari segi komposisi warna. Citra dengan LUT pada percobaan pertama memiliki warna keseluruhan yang cenderung agak hijau-kuning, sedangkan pada percobaan kedua, citra yang dihasilkan cenderung memiliki warna dominan berupa biru tua. Jika dibandingkan berdasarkan nilai evaluasi, LUT pertama memiliki nilai yang jauh lebih tinggi dibandingkan LUT kedua. Alasan yang mendasari hal ini dapat dilihat pada hasil deteksi tepi percobaan kedua, di mana kontras pada bagian bawah citra agak berkurang di ketiga kanal warna. Nilai evaluasi pada LUT pertama yang lebih tinggi menunjukkan bahwa tingkat kontras yang dihasilkan pada citra pertama lebih baik dibandingkan kontras pada citra kedua.

Percobaan ketiga menggunakan citra sampel berbeda, yaitu cuplikan video sayap pesawat pada ketinggian (diperoleh dari <https://mixkit.co>) dengan LUT uji 'Cine-2-debarup' (diperoleh dari <https://www.toneden.io/debrup-travel--films>).

Percobaan keempat menggunakan citra serupa dengan percobaan ketiga dengan LUT berbeda, yaitu 'Cine-6-debarup' (diperoleh dari <https://www.toneden.io/debrup-travel--films>).

Citra Original	Citra LUT
	
Deteksi Tepi Kanal R	
	

Deteksi Tepi Kanal G	
	
Deteksi Tepi Kanal B	
	
Nilai Akumulasi Keabuan	
294334	331738
Nilai Evaluasi LUT	
32221	

Berdasarkan percobaan ketiga dan keempat, diperoleh hasil evaluasi LUT yang digunakan pada percobaan ketiga lebih baik dibandingkan dengan LUT pada percobaan keempat. Dengan membandingkan kedua citra LUT secara langsung, dapat dengan jelas dinilai bahwa citra LUT ketiga memiliki kontras yang lebih baik dibandingkan citra LUT keempat. Pada citra LUT ketiga, objek sayap pesawat memiliki kontras yang cukup sehingga memiliki batas yang jelas terhadap latar langit dan laut, sedangkan pada citra LUT keempat, objek sayap pesawat cenderung memiliki komposisi warna yang serupa dengan latar langit di belakangnya.

#### IV. KESIMPULAN

Program yang dibuat dapat disimpulkan berhasil memberikan gambaran atau lebih tepatnya penilaian terhadap kualitas citra yang dihasilkan ketika menggunakan LUT. Penggunaan LUT pada umumnya dapat meningkatkan kualitas citra dari sisi komposisi warna dan pencahayaan, namun masing-masing LUT akan memberikan efek yang berbeda-beda bergantung pada citra sebagai objek yang dikenakan. Dengan memanfaatkan program ini, setidaknya dapat diketahui secara objektif, LUT mana yang dapat meningkatkan kualitas kontras citra paling optimal. Walaupun begitu, bagi para editor tentunya mendasarkan pemilihan LUT sebaiknya tidak secara objektif seperti yang dilakukan pada program, melainkan

mengikuti kebutuhan hasil akhir yang diinginkan sebagaimana tujuan awal pemanfaatan LUT sebenarnya.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kesempatan yang diberikan untuk dapat menyelesaikan makalah ini dengan kemudahan dan tanpa hambatan yang berarti. Penulis juga ingin mengungkapkan terima kasih kepada Bapak Rinaldi Munir, selaku pengampu mata kuliah IF4073 interpretasi dan pengolahan citra, yang sudah berjasa menyalurkan ilmu kepada kami para mahasiswa. Terakhir, penulis juga berterima kasih kepada keluarga dan rekan-rekan yang selama ini terus memberikan dukungan dan semangat menggeluti perkuliahan di ITB.

#### REFERENSI

- [1] Kilefner, Matt. (2022). *What is a LUT? What You Need to Know About Color Grading*. Diakses dari <https://www.adorama.com/alc/what-is-lut-color-grading/>.
- [2] Maini, R., & Aggarwal, H. (2009). *Study and comparison of various image edge detection techniques*. International journal of image processing (IJIP), 3(1), 1-11.
- [3] Ziou, D., & Tabbone, S. (1998). *Edge detection techniques-an overview*. Pattern Recognition and Image Analysis C/C of Raspoznvaniye Obrazov I Analiz Izobrazhenii, 8, 537-559.

#### 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



Aurelius Marcel Candra - 13519198