

Analisis Performa Metode Perceptual Color Transfer Dalam Peningkatan Kualitas Citra

Osmanila Tamo Ina¹, AR Himamunanto², Haeni Budiati³

^{1,2,3}Informatika, Fakultas Sains dan Komputer, Universitas Kristen Immanuel
Yogyakarta, Indonesia

E-mail: ¹osmanilaina@student.ukrimuniversity.ac.id, ²rudatyo@ukrim.ac.id,
³heni@ukrimuniversity.ac.id

Abstract

The eye, as the sense of human vision, not only serves to see objects but also builds perceptions of the objects seen so that, in this case, it can judge images from different perspectives. Improved image quality is required because images often experience decreased quality caused by many factors, including being too dark, blurred, less sharp, too bright, and other factors. Perceptual Color Transfer is one of the most popular methods used in research. This method changes the color of an image to match the characteristics of another image, while maintaining the visual quality and naturalness of the image. By considering the way humans perceive color, this method produces visual and consistent color adjustments that can contribute to improving the overall image quality. The color spaces used in this study are the Lab and HSV color spaces using the MSE (Mean Square Error) and PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) parameters. The results of the study show that the Perceptual Color Transfer method can be a good alternative to image processing techniques in light and dim light conditions, with the best average MSE and PSNR results in dark source image color transfer in the HSV color space of 0.0678021 and 21.43221, as well as the best mean results in light source image color transfer in Lab spaces of 0.0608865 and 20.03709.

Keywords: color transfer, image enhancement, color space, perceptual color transfer.

Abstrak

Peningkatan kualitas citra diperlukan sebab Gambar seringkali mengalami penurunan kualitas yang disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah Gambar terlalu gelap, buram, kurang tajam, terlalu terang dan faktor-faktor lainnya. Perceptual Color Transfer merupakan salah satu metode cukup populer yang digunakan dalam penelitian, dimana metode ini mengubah warna suatu Gambar agar sesuai dengan karakteristik Gambar lain, sekaligus mempertahankan kualitas visual dan kealamian Gambar. Dengan mempertimbangkan cara manusia mempersepsikan warna, metode ini menghasilkan penyesuaian warna yang menyenangkan mata secara visual dan juga konsisten sehingga dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas Gambar secara keseluruhan. Ruang warna yang digunakan dalam penelitian ini ialah ruang warna Lab dan HSV dengan menggunakan parameter MSE (Mean Square Error) dan PSNR (Peak Signal to Noise Ratio). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Perceptual Color Transfer dapat menjadi alternatif yang baik untuk teknik pengolahan Gambar kondisi cahaya redup maupun terang, dengan hasil rata-rata MSE dan PSNR terbaik dalam transfer warna Gambar sumber gelap ada pada ruang warna HSV sebesar 0.0678021 dan 21.43221, serta hasil rata-rata MSE dan PSNR terbaik dalam transfer warna Gambar sumber terang ada pada ruang warna Lab sebesar 0.0608865 dan 20.03709.

Kata kunci: transfer warna, peningkatan kualitas citra, ruang warna, perceptual color transfer.

1. Pendahuluan

Mata manusia sering menilai Gambar dengan intuitif, sehingga dalam hal ini menurut algoritma histogram equalization Gambar yang baik ialah Gambar yang memiliki kontras seragam dengan derajat atau tingkat warna merata. Secara umum, dalam pengambilan Gambar seringkali terjadi beberapa permasalahan yang mengakibatkan Gambar yang dipotret mengalami *noise*, buram, kurang tajam, terlalu gelap, terlalu terang dan sebagainya. Biasanya hal ini disebabkan oleh kualitas peralatan yang digunakan kurang memadai, fotografer tidak fokus pada objek atau kondisi cuaca yang tidak sesuai untuk dilakukan pemotretan. Permasalahan-permasalahan ini mengakibatkan manusia tak dapat menganalisis informasi yang terdapat dalam Gambar. Selain itu, juga dapat mengakibatkan minimnya kualitas visual Gambar yang dapat menyenangkan mata manusia.

Citra adalah kombinasi antara titik, garis, bidang dan warna untuk menciptakan imitasi dari subjek atau manusia. Citra juga merupakan representasi, kemiripan atau inialisasi dari suatu objek. Citra digital adalah Gambar dua dimensi yang bisa ditampilkan pada layar komputer sebagai himpunan/diskrit nilai digital yang disebut piksel. Pengolahan citra digital adalah sistem dengan input dan output berupa citra. Salah satu fungsi utama peningkatan kualitas citra adalah memperoleh Gambar dengan jelas dan informasi yang terkandung didalamnya dapat ditangkap dengan baik. Citra yang baik adalah citra yang dapat merepresentasikan kualitas estetika dan kejelasan untuk tujuan analisis serta tujuan-tujuan lainnya. Kualitas citra menjadi parameter penting untuk menghasilkan Gambar yang optimal untuk kebutuhan interpretasi, yang selanjutnya akan digunakan untuk kebutuhan analisis. Dalam hal ini, citra yang perlu ditingkatkan kualitasnya adalah citra yang mengalami penurunan degradasi yaitu derau (*noise*), warna terlalu terang atau gelap, kurang tajam, kabur dan lain-lain. Transfer warna perseptual merupakan proses perubahan warna dengan teknik mengubah warna Gambar asli sehingga sesuai dengan karakteristik Gambar lain tetapi tetap dapat mempertahankan kualitas visual dan kealamian Gambar. Dengan menggunakan teknik mewarnai ulang Gambar, Gambar diinput dengan cara memberikan kandungan warna dari Gambar yang dijadikan sumber. Fokus penelitian ini yaitu transfer warna pada ruang warna *lab* dan HSV.

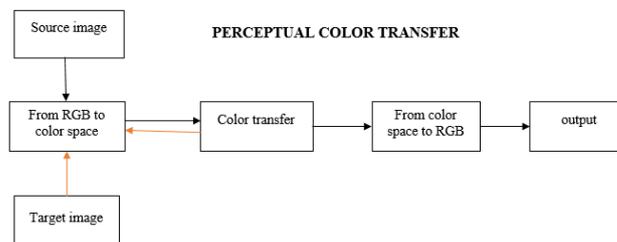
Metode transfer warna perseptual mempunyai sejumlah keunggulan dibandingkan teknik transfer warna lainnya. Metode ini mempertimbangkan cara manusia mempersepsikan warna, bukan hanya sekedar mencocokkan warna sehingga menghasilkan penyesuaian warna yang lebih alami dan realistis. Metode ini juga dapat menghasilkan penyesuaian warna yang lebih menyenangkan secara visual dan konten sehingga berkontribusi pada peningkatan kualitas Gambar secara keseluruhan. Penggunaan warna perseptual dalam transfer warna telah terbukti dapat memberikan hasil yang lebih baik dibanding ruang warna tradisional seperti RGB. Metode transfer warna perseptual dapat diterapkan ke berbagai tugas penyempurnaan Gambar kondisi cahaya rendah dan transfer warna selektif, yang menunjukkan keserbagunaannya dan keefektifannya.

2. Metodologi Penelitian

Transfer warna adalah salah satu teknik yang banyak digunakan dalam pemrosesan Gambar digital. Dengan melibatkan distribusi warna Gambar sumber yang ditransfer ke Gambar lain sehingga Gambar yang diedit memiliki distribusi warna yang mirip dengan Gambar sumber. Reinhard et al adalah yang pertama menggunakan teknik transfer warna pada Gambar dengan menggunakan ruang warna *lab*.

Perceptual Color Transfer atau transfer warna perseptual merupakan penelitian dengan menggunakan teknik mentransfer karakteristik warna dari satu Gambar ke Gambar lain sekaligus mempertahankan kualitas visual dan kealamian Gambar. Ada tiga strategi utama dalam melakukan transfer warna yaitu metode berbasis geometri, *user-*

aided solutions dan pendekatan statistik (Cepeda-Negrete, J.,2017) . Dalam metode berbasis geometri, transfer warna dilakukan dengan mencari fitur yang sama pada kedua Gambar. Metode ini dapat digunakan jika diantara Gambar terdapat fitur-fitur yang dapat diidentifikasi dan dipetakan. Dengan adanya kesamaan antara Gambar maka pendekatan berbasis geometri memastikan output yang muncul akan memiliki warna yang sama dengan Gambar target. Jika metode berbasis geometri gagal dilakukan karena perbedaan struktur dan konten antara kedua Gambar, algoritma *user-aided* dapat digunakan untuk menentukan kesamaan antara kedua Gambar. Jika tidak terdapat fitur yang sama pada kedua Gambar, maka metode pendekatan statistik adalah pendekatan terakhir yang dapat dilakukan dengan cara memetakan warna dari Gambar-Gambar tersebut. Metode ini dapat menggunakan ruang warna yang berbeda. Secara sederhana, cara kerja metode transfer warna perseptual dapat dilakukan sesuai dengan diagram berikut.



Gambar 1. Cara kerja metode transfer warna perseptual

Pada penelitian kali ini dilakukan transfer warna perseptual menggunakan beberapa ruang warna yaitu ruang warna $l\alpha\beta$ dan HSV. Untuk mendapatkan Gambar yang minim *noise*, dilakukan reduksi dengan Gaussian filter. Berikut adalah cara kerja metode transfer warna perseptual dalam ruang warna secara spesifik.

1. Transfer warna perseptual dalam ruang warna $l\alpha\beta$

Ruang warna $l\alpha\beta$ dikembangkan oleh Ruderman et al yang didasarkan pada penelitian persepsi manusia berdasarkan data yang berpendapat bahwa sistem visual manusia sangat cocok untuk memproses warna alami. Ruang warna ini mempunyai tiga saluran, dimana L adalah luminansi, komponen alfa (α) adalah komponen warna dari kuning menjadi biru dan komponen beta (β) adalah komponen warna dari merah dan hijau. Dalam proses transfer warna, langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- a) Konversi RGB ke LMS (Long Middle Wavelengths). Ruang warna $l\alpha\beta$ merupakan transformasi dari LMS sehingga ruang warna ini yang dipilih untuk ditransformasikan dengan menggunakan persamaan matriks sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3811 & 0.5783 & 0.0402 \\ 0.1967 & 0.7244 & 0.0782 \\ 0.0241 & 0.1288 & 0.8444 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

- b) Konversikan LMS ke $l\alpha\beta$ dengan persamaan:

$$\begin{bmatrix} L \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{6}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} \quad (2)$$

- c) Untuk melakukan transfer warna, lakukan transformasi terbalik. Gambar dari ruang warna $l\alpha\beta$ dikonversi ke RGB dengan mentransformasikan RGB ke LMS menggunakan persamaan.

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{3} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\sqrt{6}}{6} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} \quad (3)$$

- Sebagai langkah terakhir, konversikan data dari LMS ke RGB dengan persamaan berikut

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.4679 & -3.5873 & 0.1193 \\ -1.2186 & 2.3809 & -0.1624 \\ 0.0497 & -0.2439 & 1.2045 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} \quad (4)$$

2. Transfer warna perseptual dalam ruang warna HSV

HSV (*Hue Saturation Value*) merupakan ruang warna yang di perkenalkan pertama kali A.R. Smith pada tahun 1978. Ruang warna HSV dipandang lebih dekat di mata manusia dibandingkan warna RGB dalam mendeskripsikan sensasi warna, sebab dalam model warna ini terdapat warna-warna yang sama yang ditangkap oleh indra manusia.

Ruang warna HSV (*Hue Saturation Value*) adalah ruang warna yang mempunyai tiga warna utama yaitu hue, saturation dan value. *Hue* merupakan sudut dari 0 sampai 360 derajat, biasanya 0 adalah merah, 60 derajat adalah kuning, 120 derajat adalah hijau, 180 derajat adalah cyan, 240 derajat adalah biru dan 300 derajat adalah magenta. *Saturation* suatu warna ialah ukuran seberapa besar kemurnian dari warna tersebut. *Value/intensity* merupakan ukuran seberapa besar kecerahan suatu warna. *Value* dapat bernilai 0-100%.

Dalam proses transfer warna, warna HSV merupakan warna yang diturunkan dari RGB, sehingga untuk mendapatkan warna HSV dilakukan dengan konversi nilai RGB ke HSV. Ruang warna ini digunakan dalam transfer warna perseptual sebab ruang warna HSV juga merupakan ruang warna yang sesuai dengan persepsi manusia dari segi warna sebab menggambarkan warna dengan perbandingan yang lebih akrab.

Konversi RGB ke HSV dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan sederhana berikut.

$$H = \tan \left[\frac{3(G-B)}{(G-B)+(R+B)} \right] \quad (5)$$

$$S = 1 - \frac{\min(R,G,B)}{V} \quad (6)$$

$$V = \frac{R+G+B}{3} \quad (7)$$

Jika nilai $S=0$, maka nilai H tidak bisa ditentukan sehingga warna RGB harus dinormalisasikan dengan persamaan berikut.

$$r = \frac{R}{(R+G+B)}, g = \frac{G}{(R+G+B)}, b = \frac{B}{(R+G+B)}$$

Kemudian, RGB dikonversi ke HSV dengan persamaan berikut.

$$V = \max(r,g,b) \quad (8)$$

$$S = \begin{cases} 0 & , \text{jika } V = 0 \\ V - \frac{\min(r,g,b)}{v} & , \text{jika } V > 0 \end{cases} \quad (9)$$

$$H = \begin{cases} 0 & , \text{jika } S = 0 \\ \frac{1}{6} \left[\frac{(g-b)}{sxv} \right] & , \text{jika } v = r \\ \frac{1}{6} \left[2 + \frac{(b-r)}{sxv} \right] & , \text{jika } g = v \\ \frac{1}{6} \left[4 + \frac{(r-g)}{(sxv)} \right] & , \text{jika } b = v \end{cases} \quad (10)$$

Jika nilai $H < 0$, maka nilai H dapat dicari dengan rumus $H=H+360$. Untuk melakukan transfer warna, maka transformasi terbalik dari HSV ke RGB melalui persamaan berikut.

$$K = \frac{H}{1/6}$$

$$T = \frac{H}{1/6} - K \tag{11}$$

$$X = V(1-S), Y = V(1-ST), Z = V(1-S)(1-T)$$

$$H, S, V = \begin{cases} V, Z, X, & K = 0 \\ Y, V, X, & K = 1 \\ X, V, Z, & K = 2 \\ X, Y, V, & K = 3 \\ Z, X, V, & K = 4 \\ V, X, Y, & K = 5 \end{cases}$$

3. Gaussian Filter

Filter gaussian sangat baik untuk menghilangkan *noise* yang bersifat sebaran normal, yang banyak dijumpai pada sebaran citra hasil proses digitasi menggunakan kamera karena merupakan fenomena alamiah akibat sifat pantulan cahaya dan kepekaan sensor cahaya pada kamera itu sendiri (Usman, Ahmad 2005). Persamaan gaussian filter dapat dilihat sebagai berikut.

$$\frac{h(x,y)}{c} = e^{-\frac{X^2+Y^2}{2\sigma^2}} \tag{12}$$

4. MSE dan PSNR

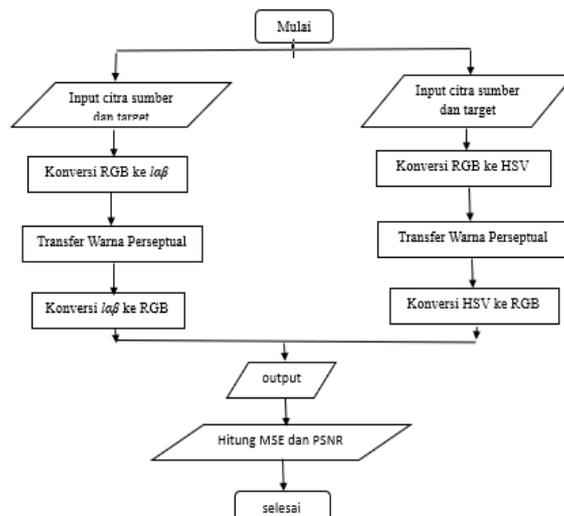
Dalam menilai performa suatu metode dapat diukur dengan teknik visual yaitu dengan melihat citra hasil dan dibandingkan dengan citra asli. MSE (*Mean Square Error*) merupakan sigma jumlah kesalahan antara citra output dengan citra asli. PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) adalah penurunan rumus MSE yang berguna sebagai perbandingan dari antara nilai maksimum sinyal yang diukur dengan besarnya derau yang berpengaruh pada sinyal tersebut. Perhitungan MSE dan PSNR yang sering digunakan ialah

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \tag{13}$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \tag{14}$$

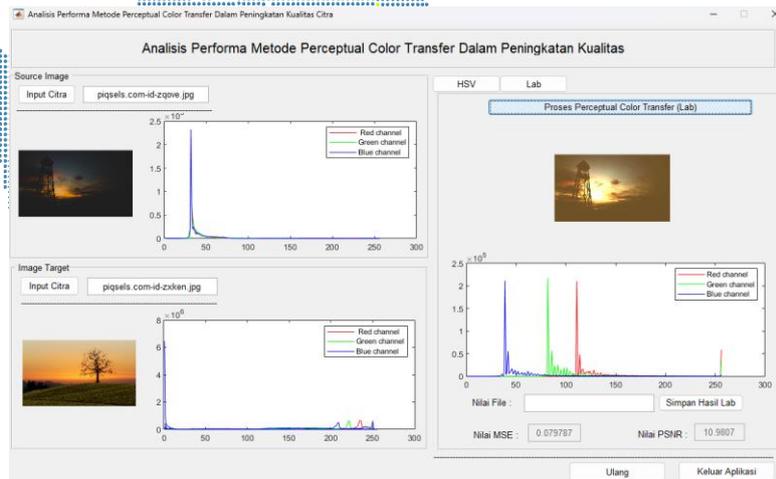
3. Hasil dan Pembahasan

Berikut adalah flowchart penelitian transfer warna perseptual dalam ruang warna $lab\beta$ dan HSV.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Berikut adalah tampilan kerja aplikasi dalam transfer warna perseptual dalam ruang warna HSV dan $lab\beta$.

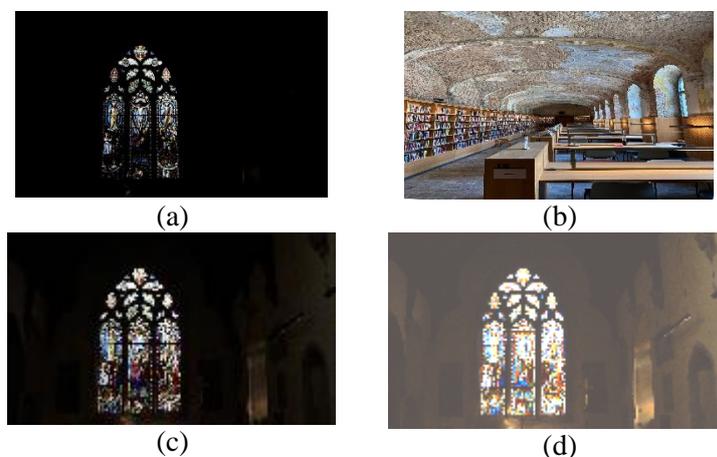


Gambar 3. Aplikasi dalam transfer warna perseptual dalam ruang warna HSV dan $l\alpha\beta$

Percobaan dilakukan menggunakan data sebanyak 250 Gambar gelap dan 250 Gambar terang. Data ada yang diambil menggunakan kamera handphone, ada juga yang diambil dari google. Pada penelitian ini berfokus pada peningkatan kualitas citra, tetapi pemilihan dan pencocokan Gambar dilakukan secara manual, di sesuaikan dengan variasi warna dan konten yang terdapat diantara kedua Gambar.

1. Gambar Sumber Gelap – Gambar Target Terang

Sebanyak 250 Gambar sumber gelap dengan 5 Gambar target terang. Perlu diingat bahwa gaussian filter telah diterapkan dalam percobaan untuk meminimalisir noise pada Gambar output. Berikut adalah contoh Gambar yang dilakukan saat penelitian.



Gambar 4. PCT dan hasilnya dalam masing-masing ruang warna (a) Gambar target; (b) Gambar sumber; (c) PCT dalam HSV; (d) PCT dalam $l\alpha\beta$.

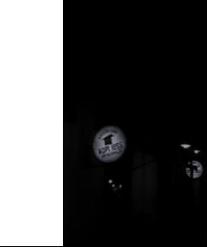
Pada Tabel 1 berikut menunjukkan nilai MSE dan PSNR masing-masing ruang warna pada Gambar 4.

Tabel 1. MSE & PSNR pada percobaan Gambar 1

Metode	MSE	PSNR
PCT_{HSV}	0.00462988	23.3443
$PCT_{L\alpha\beta}$	0.076631	11.556

Pada percobaan berikut dilakukan menggunakan masing-masing input pasangan Gambar sumber dan Gambar target yang berbeda-beda.

Tabel 2. PCT HSV dan $la\beta$ dengan gambar sumber yang berbeda-beda.

Gambar Sumber	Gambar Target	PCTHSV	PCT $la\beta$
			
			
			
			

Jika dihitung masing-masing MSE dan PSNR, maka didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. MSE & PSNR percobaan pada Gambar gelap

PCT _{HSV}		PCT _{laβ}	
MSE	PSNR	MSE	PSNR
0.00115861	22.3606	0.0715924	11.4513
0.0290289	21.3717	0.0556905	12.5422
0.0019366	27.1295	0.0322798	14.9017
0.0145828	19.0058	0.0529165	12.3933

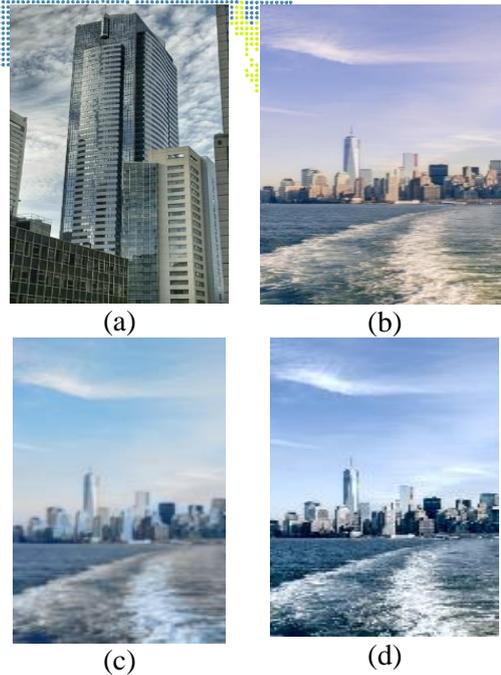
Perlu diketahui bahwa transfer warna perseptual dalam penelitian ini menggunakan 250 Gambar sumber dan 5 Gambar target sehingga menghasilkan 1250 output dalam masing-masing ruang warna. Dengan demikian, dihitung nilai rata-rata dari banyaknya output untuk mencari hasil MSE dan PSNR yang dapat dilihat melalui Tabel 4.

Tabel 4. MSE & PSNR rata-rata dalam PCT Gambar gelap

Metode	MSE	PSNR
PCT _{HSV}	0.0578021	21.43221
PCT _{laβ}	0.0456251	19.27423

2. Gambar Sumber Terang – Gambar Target Terang

Seperti percobaan Gambar sumber gelap, pada penelitian ini juga diambil Gambar sumber sebanyak 250 dengan pasangan masing-masing Gambar target, dan diterapkan gaussian filter untuk meminimalisir kebisingan pada output. Contoh penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. PCT dan hasil dalam masing-masing ruang warna. (a) Gambar sumber; (b) Gambar target; (c) PCT dalam HSV; (d) PCT dalam *lab*

Berdasarkan Gambar 5, maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai MSE dan PSNR sehingga didapatkan hasil pada Tabel 5 berikut.

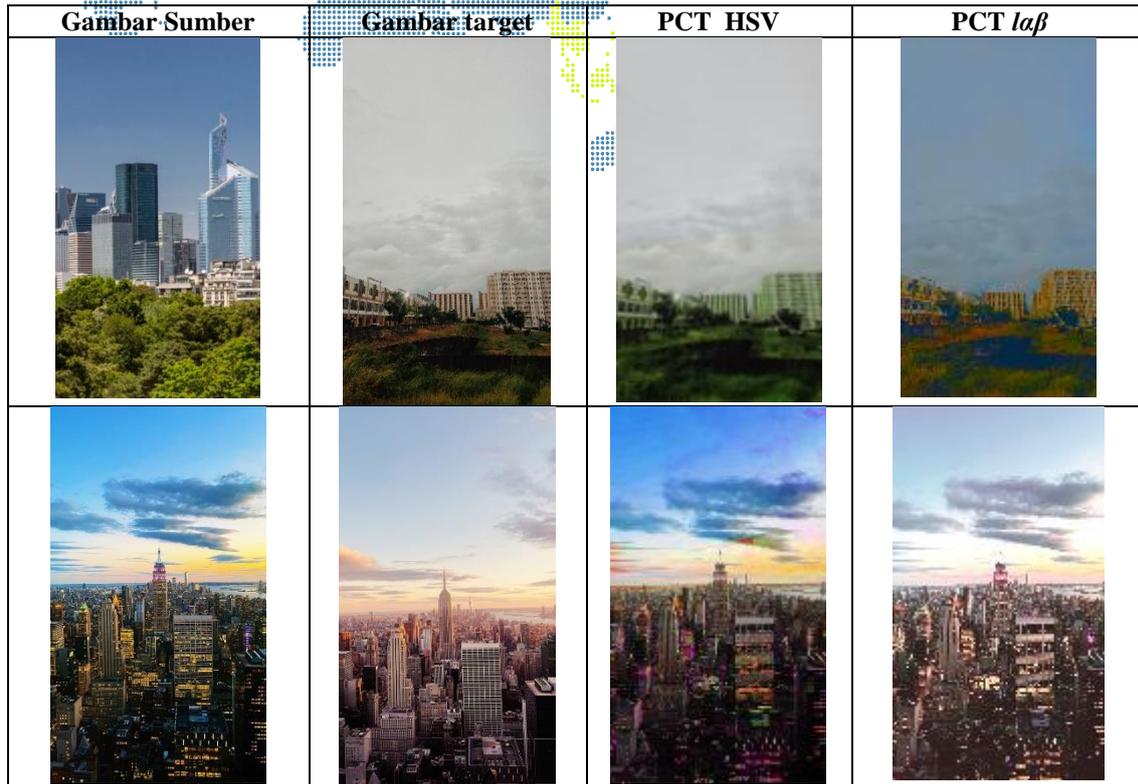
Tabel 5. MSE & PSNR pada percobaan Gambar 5

Metode	MSE	PSNR
PCT_{HSV}	0.0521815	22.8248
PCT_{lab}	0.0815139	13.8877

Penelitian berikutnya dilakukan dengan menggunakan masing-masing pasangan Gambar sumber dan Gambar target yang dicocokkan berdasarkan variasi warna dan konten, yang dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. PCT HSV & LAB menggunakan Gambar terang

Gambar Sumber	Gambar target	PCT HSV	PCT <i>lab</i>
			
			



Berdasarkan percobaan pada Tabel 6, maka dilakukan perhitungan MSE dan PSNR dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. MSE & PSNR dalam PCT Gambar sumber terang

PCT _{HSV}		PCT _{Lab}	
MSE	PSNR	MSE	PSNR
0.107478	19.6868	0.015594	8.07017
0.0048324	23.1585	0.09018	10.4489
0.0197355	17.0475	0.033938	14.6931
0.00764438	21.1666	0.0433421	13.6309

Transfer warna perseptual pada Gambar terang dilakukan sebanyak 250 Gambar sumber dengan 5 Gambar target, sehingga menghasilkan 1250 Gambar output dalam masing-masing ruang warna. Dari percobaan tersebut, dihitung rata-rata dari masing-masing hasil MSE dan PSNR sehingga menghasilkan nilai yang dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 8. MSE & PSNR rata-rata dalam PCT Gambar sumber terang

Metode	MSE	PSNR
PCT _{HSV}	0.120529	14.24774
PCT _{Lab}	0.0608865	20.03709

4. Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, didapatkan data-data yang menunjang metode perceptual color transfer dapat menjadi salah satu alternatif dalam penelitian terkait peningkatan kualitas Gambar. Diketahui bahwa semakin kecil nilai MSE maka tingkat eror suatu metode semakin kecil. Begitu pula semakin besar nilai PSNR, semakin baik pula kerja suatu metode. Dengan diterapkan gaussian filter, maka dari 1250 hasil percobaan yang dilakukan pada masing-masing ruang warna, didapatkan nilai rata-rata

MSE terkecil pada Gambar sumber gelap ialah 0.0678021 serta nilai PSNR rata-rata terbesar ialah 21.43221 (Tabel 4); yang dimana nilai-nilai ini ialah hasil percobaan dari ruang warna HSV. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa Perceptual Color Transfer bekerja lebih baik pada transfer warna Gambar sumber gelap-Gambar target terang dalam ruang warna HSV dibanding ruang warna lab . Namun, dari hasil percobaan 1250 Gambar sumber terang, didapatkan nilai rata-rata MSE terkecil dan PSNR terbesar ada pada ruang warna lab dengan nilai sebesar 0.0608865 dan 20.03709 (Tabel 8). Hal ini membuktikan bahwa perceptual color transfer dalam ruang warna lab memberikan hasil yang lebih baik pada Gambar sumber terang-Gambar target terang dibanding ruang warna HSV. Pada penelitian selanjutnya disarankan menerapkan AI untuk mencocokkan Gambar berdasarkan konten, warna atau histogram, sehingga pemilihan Gambar lebih efisien dan efektif.

Daftar Pustaka

- [1] R. A. Cepeda-Negrete, J., Sanchez-Yanez, R. E., Correa-Tome, F. E., & Lizarraga-Morales, "Ro of of," *Dark image Enhanc. using Percept. Color Transf.*, vol. 5, no. IEEE Access, pp. 1–1, 2017, doi: <https://n2t.net/ark:/13683/pa8v/sVM> Esta.
- [2] C. Gu, X. Lu, and C. Zhang, "Example-based color transfer with Gaussian mixture modeling," *Pattern Recognit.*, vol. 129, pp. 1–9, 2022, doi: 10.1016/j.patcog.2022.108716.
- [3] P. boedi dessyanto yanu f. mangaras, yuwono bambang, *dasar pengolahan citra digital edisi 2022*, vol. 11, no. 1. 2022.
- [4] K. M. Suliestiyanti S.R., Setyawan FX ., "Pengolahan Citra Dasar Dan Contoh Penerapannya," in *Teknosain*, vol. 11, no. 1, 2016, pp. 1–5.
- [5] D. Kotovenko, A. Sanakoyeu, P. Ma, S. Lang, and B. Ommer, "A content transformation block for image style transfer," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, vol. 2019-June, pp. 10024–10033, 2019, doi: 10.1109/CVPR.2019.01027.
- [6] M. He, J. Liao, D. Chen, L. Yuan, and P. V. Sander, "Progressive color transfer with dense semantic correspondences," *ACM Trans. Graph.*, vol. 38, no. 2, 2019, doi: 10.1145/3292482.
- [7] C. O. Ancuti, C. Ancuti, C. De Vleeschouwer, and M. Sbet, "Color Channel Transfer for Image Dehazing," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 26, no. 9, pp. 1413–1417, 2019, doi: 10.1109/lsp.2019.2932189.
- [8] E. Reinhard, M. Ashikhmin, B. Gooch, and P. Shirley, "Color transfer between images," *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 21, no. 5, pp. 34–41, 2001, doi: 10.1109/38.946629.
- [9] C. Ruderman, D.L., Cronin, T.W., chiao, "Statistics of cone responses to natural images: implications for visual coding," *J. Opt. Soc. Am. Opt. Image Sci. Vis.*, vol. 15, no. 2036–2045, 1998.
- [10] A. Usman, *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*, Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2005.