

# Analisa Peningkatan Kualitas Citra Bawah Air Berbasis Koreksi Gamma Untuk Pencocokan Gambar Pada Algoritma SIFT

Aria Hendrawan  
Universitas Semarang, Indonesia  
Email: ariahendrawan@usm.ac.id

Pulung Nurtantio Andono  
Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia  
Email: pulung@research.dinus.ac.id

Ricardus Anggi Pramunendar  
Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia  
Email: ricardus.anggi@dsn.dinus.ac.id

**Abstrak** — Pada lingkungan air bawah laut, faktor cahaya sangat mempengaruhi hasil kualitas citra yang didapatkan. Dengan semakin dalamnya pengambilan gambar bawah laut, maka hasil yang didapatkan nantinya akan semakin gelap kualitas citra bawah air laut tersebut. Dengan hasil kualitas citra air bawah laut yang buruk ini nantinya akan mempengaruhi hasil pencocokan pasangan gambar air bawah laut dengan metode algoritma SIFT. Dalam penelitian ini, kami bertujuan untuk menggunakan metode baru *preprocessing* untuk meningkatkan kualitas citra bawah laut dengan menggunakan Koreksi Gamma. Hasil menunjukkan bahwa setelah menerapkan Koreksi Gamma pada algoritmas SIFT, keberhasilan dalam mendapatkan titik pencocokan pasangan gambar atau citra bawah laut meningkat 11,22% dibandingkan dengan keberhasilan algoritma SIFT tanpa peningkatan kualitas citra. Dari hasil uji t-test berpasangan menunjukkan bahwa hipotesa null ditolak dan menyimpulkan adanya perbedaan yang signifikan antara hasil SIFT tanpa peningkatan kualitas citra dengan SIFT yang menggunakan *preprocessing* Koreksi Gamma.

**Kata Kunci** - Koreksi Gamma, Peningkatan Kualitas Citra, *Preprocessing*, SIFT.

## I. PENDAHULUAN

Luas terumbu karang di Indonesia diperkirakan sebesar 51.000 km<sup>2</sup> atau sekitar 18% dari total luasan terumbu karang dunia dengan 60% spesies terumbu karang dunia berada di negara ini. Pengelolaan terumbu karang di Indonesia selama ini mengalami permasalahan karena kurangnya data. Data terumbu karang yang diambil selama ini cenderung hanya terfokus pada satu wilayah, atau jika misalnya ada survei yang lengkap cenderung tidak memiliki data yang berkelanjutan. Data yang lengkap dan berkelanjutan sangat dibutuhkan untuk mengetahui kecenderungan yang terjadi pada ekosistem ini sehingga dapat dirumuskan satu bentuk pengelolaan yang terbaik untuk menjaga kelestariannya. [1]. Kemajuan pemetaan dasar laut di bidang robotika bawah air menjadi sebuah teknologi yang efektif untuk berbagai penerapan dari tersedianya warisan budaya situs arkeologi yang terendam terancam

punah seperti terumbu karang yang disebabkan oleh berbagai sumber bahaya [3].

Penyerapan cahaya oleh air laut dan penyebaran cahaya oleh partikel kecil di lingkungan air laut telah menjadi sebuah rintangan dari penelitian citra bawah air dengan kamera. Hal ini dikarenakan memberikan dampak keterbatasan jarak pandang kamera dalam air laut [6]. Citra atau gambar air bawah laut memang menjadi pekerjaan menantang karena kendala utamanya adalah kualitas gambar rusak karena penyerapan cahaya dan penyebaran cahaya [2]. Peningkatan kualitas citra pada dasarnya meningkatkan persepsi atau kemampuan menerjemahkan informasi gambar untuk manusia dan memberikan masukan “lebih baik” pada teknik pengolahan citra otomatis yang lain. Tujuan utama dari peningkatan citra adalah memodifikasi atribut gambar untuk membuatnya lebih cocok dalam menjalankan suatu tugas dan pengamatan yang lebih khusus. Faktor-faktor pengamatan yang lebih detail, seperti sistem pengamatan manusia dan pengalaman pengamat, akan memperkenalkan banyak subjektivitas ke pemilihan metode peningkatan citra. Ada banyak teknik yang dapat meningkatkan gambar digital tanpa merusak gambar [7].

Perbaikan terhadap suatu citra dapat dilakukan dengan operasi titik (*point operation*), operasi spasial (*spatial operation*), operasi geometri (*geometric operation*), dan operasi aritmatik (*arithmetic operation*). Operasi titik ini dilakukan dengan memodifikasi histogram citra masukan agar sesuai dengan karakteristik yang diharapkan. Histogram dari suatu citra adalah grafik yang menunjukkan distribusi frekuensi dari nilai intensitas piksel dalam citra tersebut. Salah satu metode dalam operasi titik, yaitu koreksi gamma (*gamma correction*) [11]. Menurut penelitian Jonathan Cepeda-Negrete (2012) penggunaan koreksi gamma setelah algoritma *color constancy* untuk peningkatan citra gelap. Perbaikan citra ini dapat berguna dalam sejumlah *computer vision* dan tugas pengolahan citra atau gambar [29].

Prinsip tujuan peningkatan kualitas citra adalah

memproses sebuah gambar sehingga hasilnya lebih sesuai daripada gambar aslinya untuk diterapkan pada aplikasi yang lebih khusus [7]. Teknik Pencocokan gambar adalah suatu aplikasi penting yang diperlukan di bidang pengolahan citra. Gambar direpresentasikan sebagai N-dimensi fitur vektor. Objek dari kelas yang sama memiliki fitur yang sama dan objek-objek yang berasal dari kelas yang berbeda memiliki fitur yang berbeda. Dalam proses pencocokan gambar, fitur digunakan untuk mendeteksi apakah gambar serupa atau tidak. Bahkan kita bisa menemukan apakah pola gambar adalah kelompok dari gambar asli atau tidak. Teknik pencocokan yang efisien harus mencari kesamaan atau ketidaksamaan dalam jangka waktu yang lebih rendah.

Banyak penelitian yang terus dikembangkan untuk mendapatkan teknik pencocokan yang optimal, misalnya algoritma SIFT [8]. Algoritma SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) diusulkan oleh Lowe merupakan sebuah pendekatan untuk mengeluarkan fitur invarian dari gambar. SIFT telah berhasil diterapkan untuk berbagai masalah dari *computer vision* berdasarkan fitur pencocokan termasuk pengenalan objek, estimasi posisi, pengambilan gambar dan banyak lainnya [21].

Pengolahan citra bawah air dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu teknik gambar restorasi dan teknik peningkatan kualitas citra. Metode peningkatan kualitas citra cukup sederhana daripada teknik restorasi gambar [2]. Dalam teknik peningkatan kualitas citra, salah satu metode didalamnya yakni *image preprocessing*. Penelitian-penelitian sebelumnya yang dilakukan untuk *preprocessing* gambar peningkatan citra bawah air, diantaranya adalah S. Asadi Amiri (2012) menyajikan sebuah algoritma baru peningkatan citra, sederhana dan kuat untuk analisis gambar dengan mengubah nilai individu gamma piksel, hasilnya metoda yang diusulkan baik dalam meningkatkan kualitas gambar [17]. Sumathi C P dan G Gayathri Devi (2014) menyajikan pendekatan baru yang didasarkan pada koreksi Gamma dengan menentukan nilai gamma untuk meningkatkan rincian gambar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metoda yang diusulkan memiliki kinerja yang baik pada penggalan teks daerah dalam sebuah gambar [12]. Penelitian H. Hassanpour dan S. Asadi Amiri (2011) menyajikan metode baru peningkatan citra otomatis dengan mengubah nilai gamma piksel yang individu, hasilnya metoda yang diusulkan baik dalam meningkatkan kualitas gambar [15].

Penelitian-penelitian sebelumnya dalam penggunaan *image preprocessing* untuk pemanfaatan teknik pencocokan citra pada algoritma SIFT, diantaranya adalah penelitian Pulung Nurtantio (2013) yang mengusulkan penggunaan *contrast stretching* dan CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram image Equalization*) dengan Rayleigh *scattering*. Hasil penelitian tersebut adalah kesuksesan algoritma SIFT dalam meningkatkan pencocokan citra sampai 41%, di mana nilai ini merupakan pengujian dari pencocokan citra melalui

perbandingan teknik peningkatan citra *contrast stretching* dengan teknik CLAHE [6]. Penelitian selanjutnya Ricardus Anggi Pramunendar (2013) yang mengusulkan penggunaan *HSV conversion image* dengan *auto level color correction*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggabungan 2 teknik peningkatan kualitas citra tersebut mampu meningkatkan pencocokan pasangan gambar sebanyak 4% [7].

Beberapa penelitian sebelumnya pernah dilakukan menunjukkan bahwa peningkatan teknik pencocokan gambar dengan SIFT mengalami peningkatan akurasi, namun tidak meningkatkan kualitas citra, hanya terfokus pada algoritma SIFT, seperti yang dilakukan oleh [23], [24], [25] [26], [27]. Menurut Anggi Pramunendar (2013) algoritma SIFT tergantung pada kualitas citra yang tujuannya untuk mengetahui pasangan *keypoint* yang cocok. Keberhasilan SIFT terbatas ketika mencoba pada kamera yang hasilnya diambil di bawah air [6]. Oleh karena itu, sebaiknya dilakukan proses-proses tambahan agar pendeteksian dan pencocokan *keypoint* dapat berjalan lebih baik [28].

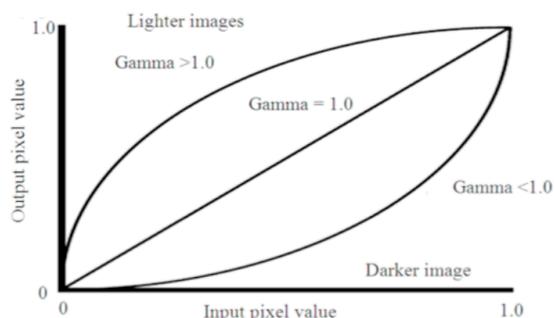
## II. METODE

### 2.1 Koreksi Gamma

Banyak perangkat yang digunakan untuk merekam, mencetak atau menampilkan gambar pada umumnya menerapkan sebuah transformasi, disebut hukum daya, pada setiap piksel gambar yang memiliki efek nonlinier potensial listrik [10]:

$$u^\gamma \dots\dots\dots(1)$$

Dalam persamaan di atas  $u \in [0, 1]$  menunjukkan intensitas pixel gambar,  $\gamma$  adalah sebuah konstanta positif yang memperkenalkan nilai gamma. Dengan asumsi, nilai  $\gamma$  biasanya dapat ditentukan dengan penelitian, melalui kalibrasi dengan berbagai nilai-nilai potensial listrik yang diketahui melewati perangkat gambar. Jika  $\gamma$  lebih besar dari 1 maka hasil keluarannya akan menjadi gelap. Sebaliknya, jika  $\gamma$  lebih kecil dari 1 maka hasil keluarannya akan menjadi lebih terang. Dalam hal ini, penyesuaian dengan gamma dapat menjadi gagasan sebagai operasi penyesuaian kontras [22].



Gambar 1: Kurva Gamma [12].

2.2 SIFT (Scale Invariant Feature Transform)

Menurut Lowe (2009) SIFT terdiri dari empat tahap, yakni *detection of scale-space extrema*, *keypoint localization*, *orientation assignment*, dan *keypoint descriptor* [20]:

a. *Detection of scale-space extrema*

Tahap pertama dari deteksi *keypoint* adalah untuk mengidentifikasi lokasi dan perbandingan ukuran gambar yang ditetapkan secara berulang di bawah pandangan yang berbeda dari objek yang sama. Mendeteksi lokasi yang *invariant* untuk skala perubahan gambar dapat dicapai dengan mencari fitur-fitur stabil di semua kemungkinan dari skala-skala menggunakan fungsi yang terus-menerus pada skala yang dikenal sebagai skala ruang. Di berbagai asumsi yang beralasan bahwa kemungkinannya kernel skala-ruang adalah fungsi Gaussian. Oleh karena itu, Ruang skala gambar didefinisikan sebagai fungsi  $L(x, y, \sigma)$  yang dihasilkan dari konvolusi dari skala variabel Gaussian  $G(x, y, \sigma)$  dengan gambar masukan  $I(x, y)$ :

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \dots \dots \dots (2)$$

Di mana \* adalah operasi konvolusi pada x dan y, dan:

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \dots \dots \dots (3)$$

Untuk mendeteksi stabil lokasi *keypoint* pada skala ruang, [20] mengajukan untuk menggunakan *scale-space extrema* pada fungsi persamaan Gaussian dikonvolusikan dengan gambar,  $D(x, y, \sigma)$  yang dapat dikomputasikan dari perbedaan pada 2 skala yang sama dekat melalui sebuah konstanta faktor k:

$$D(x, y, \sigma) = (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) * I(x, y) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \dots \dots \dots (4)$$

b. *Keypoint Localization*

Setelah calon *keypoint* telah ditemukan dengan membandingkan sebuah pixel ke pixel terdekat, langkah berikutnya adalah untuk melakukan rincian yang sesuai pada data terdekat untuk lokasi, skala dan rasio kurva. Informasi ini memungkinkan poin ditolak yang mempunyai rendah kontras (dan karenanya sensitif terhadap *noise*) atau lokasi yang buruk sepanjang tepi. Implementasi awal pendekatan *keypoint* terletak di lokasi dan skala dari titik tengah sampel. Pendekatannya menggunakan perluasan Taylor (hingga kuadrat) pada fungsi skala-ruang D

$(x, y, \sigma)$ , digeser sehingga yang asli merupakan titik sampel poin:

$$D(x) = D + \frac{\partial D}{\partial x} x + \frac{1}{2} x^T \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} x \dots \dots \dots (5)$$

Di mana D dan turunannya di evaluasi pada sampel point dan  $x = (x, y, \sigma)^T$  adalah *offset* dari titik ini. Lokasi ekstrem,  $x'$ , ditentukan dengan mengambil turunan dari fungsi ini sehubungan dengan x dan pengaturan nol, memberikan

$$x' = -\frac{\partial^2 D / \partial x^2}{\partial x} \dots \dots \dots (6)$$

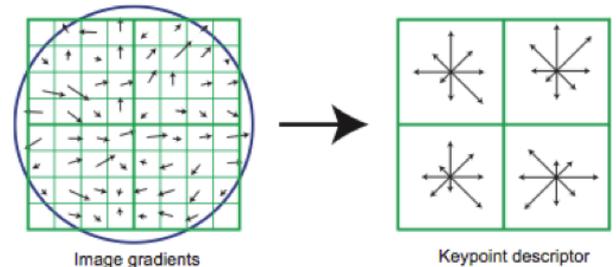
c. *Orientation Assignment*

Dengan menetapkan orientasi yang konsisten untuk setiap *keypoint* berdasarkan sifat lokal gambar, Deskripsi *keypoint* dapat diwakili terhadap orientasi ini karena itu mencapai variasi untuk rotasi gambar. Mengikuti penelitian dengan sejumlah pendekatan untuk menetapkan orientasi lokal, telah ditemukan untuk memberikan hasil yang paling stabil. Skala *keypoint* digunakan untuk memilih gambar Gaussian yang baik, L, dengan skala terdekat, sehingga semua komputasi dilakukan dengan cara skala *invariant*. Untuk setiap sampel gambar,  $L(x, y)$ , pada skala ini, besarnya gradient yang ditunjukkan  $m(x, y)$  dan orientasi,  $\theta(x, y)$  adalah sebelum dikomputasi menggunakan persamaan pixel

$$m(x, y) = \frac{L(x+1, y) - L(x-1, y)}{\sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2}} \dots \dots \dots (7)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left( \frac{L(x, y+1) - L(x, y-1)}{L(x+1, y) - L(x-1, y)} \right) \dots \dots \dots (8)$$

d. *Keypoint Descriptor*



Gambar 2: Komputasi *Keypoint Descriptor*

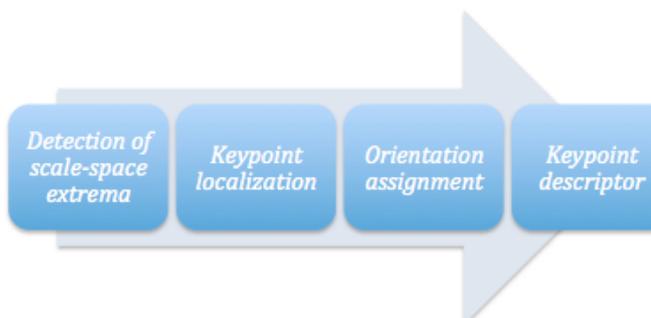
Gambar pertama di atas merupakan besarnya gradien dan orientasi sampel di sekitar lokasi *keypoint*, menggunakan skala *keypoint* untuk memilih tingkat Gaussian untuk gambar yang tidak jelas. Untuk mencapai orientasi *invariance*, koordinat dan deskripsi orientasi gradien diputar terhadap orientasi *keypoint*.



Gambar 3: *Preprocessing* Gambar dengan Koreksi Gamma



Gambar 4: Proses Pencocokan Pasang Gambar



Gambar 5: Jalannya Algoritma SIFT

### III. DATASET PENELITIAN

Dataset citra bawah laut ini merupakan hasil gambar karang Pulau karimunjawa dengan menggunakan kamera Olympus Tough-8010 mempunyai resolusi 1280 x 720 piksel [6]. Kamera tersebut dibuat sepasang yang terdiri dari kamera 1 dan kamera 2, sehingga didapatkan hasil gambar karang bawah laut yang juga berpasangan. Hal ini diperlukan karena untuk mendapatkan titik-titik pencocokan dalam

penggunaan algoritma SIFT. Proses pengumpulan data menggunakan fitur video, yang nantinya akan dikoversikan menjadi beberapa gambar. Penggunaan gambar / citra bawah laut yang diteliti nantinya sebanyak 50 pasang gambar.



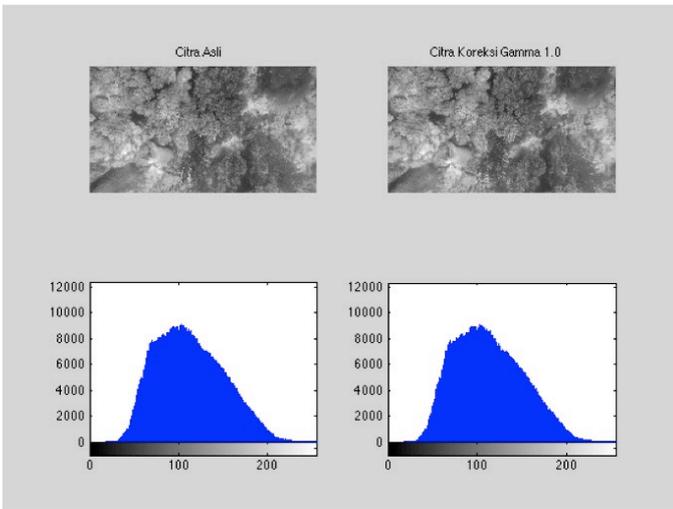
Gamabr 6: Proses Pengumpulan Data [7]



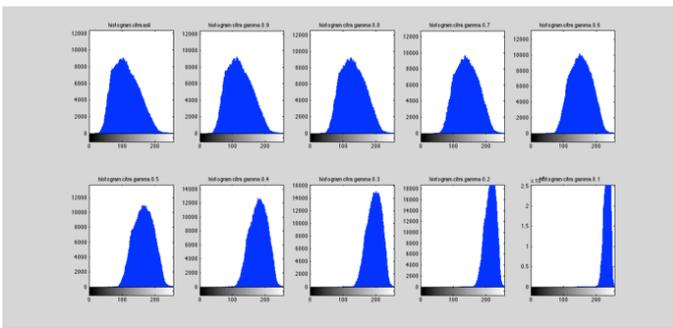
Gambar 7: Sepasang Kamera Olympus [6]

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

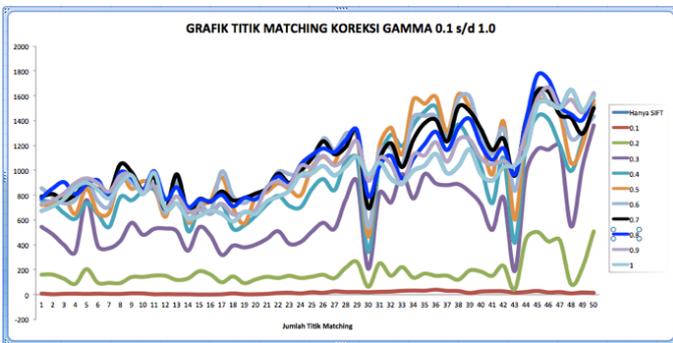
Dari hasil peningkatan kualitas citra bawah laut dapat diketahui bahwa hasil gambar nilai koreksi gamma 1.0 yang dihasilkan sama seperti citra atau gambar bawah laut tanpa peningkatan kualitas gambar. Hal ini dibuktikan dengan membuat histogram citra, seperti tampak pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8: Histogram Citra Asli dan Citra Koreksi Gamma 1.0

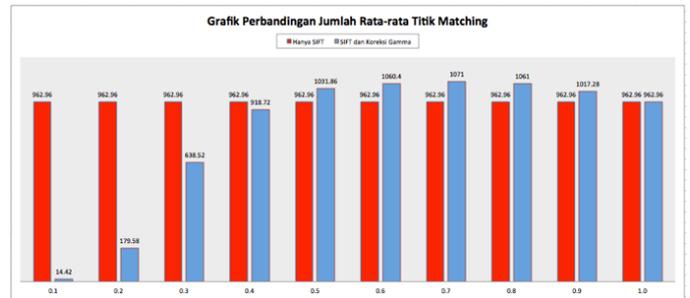


Gambar 9: Histogram Citra Asli dengan Citra Koreksi Gamma 0.1 s.d. 0.9



Gambar 10: Grafik Hasil Titik Pencocokan Gambar SIFT dan SIFT-Koreksi Gamma

Dari 50 buah tersebut diuji dengan algoritma SIFT tanpa peningkatan kualitas citra, jumlah rata-rata titik pencocokan gambarnya didapatkan hanya 962,96 titik. Dari nilai koreksi gamma mulai 0,1 s.d. 1,0 ternyata jumlah rata-rata titik pencocokan gambar yang paling banyak adalah nilai koreksi gamma 0,7 dengan jumlah titik 1071. Ditunjukkan pada gambar 10 di atas.



Gambar 11: Hasil Rata-Rata Titik Pencocokan Pasangan Citra Asli dengan Koreksi Gamma

Melihat grafik kolom di atas maka didapatkan peningkatan dari penggunaan metode *preprocessing* koreksi gamma pada algoritma SIFT sebesar 11,22% yang diperoleh dari rumus di bawah ini:

$$\text{Banyaknya peningkatan} = \frac{X_b - X_a}{X_a} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana  $X_a$  adalah jumlah rata-rata titik pencocokan gambar tanpa peningkatan kualitas citra, sedangkan  $X_b$  adalah jumlah rata-rata titik pencocokan gambar dengan koreksi gamma.

Comparing Means [Paired two-sample t-test]			
<b>Descriptive Statistics</b>			
	VAR	Sample size	Mean
SIFT		50	962.96
SIFT and Gamma Correction		50	1.071
			Variance
SIFT			71.775.71265
SIFT and Gamma Correction			75.820.85306
<b>Summary</b>			
Degrees Of Freedom	49	Hypothesized Mean Difference	0.E+0
Test Statistics	5.10902	Pooled Variance	73.798.18386
<b>Two-tailed distribution</b>			
p-level	0.00001	t Critical Value (5%)	2.00958
<b>One-tailed distribution</b>			
p-level	0	t Critical Value (5%)	1.67655
Pearson Correlation Coefficient	0.84883		
<b>G-criterion</b>			
Test Statistics	0.10665	p-level	0.0833
Critical Value (5%)	0.18367		
<b>Pagurova criterion</b>			
Test Statistics	1.98853	p-level	0.9546
Ratio of variances parameter	0.4863	Critical Value (5%)	0.02613

Gambar 12: Hasil Uji T-Test Berpasangan

Pada hasil gambar 12 di atas menunjukkan bahwa hasil dari *hypothesized mean difference* nya adalah null. Hal ini mengandung makna di mana terdapat perbedaan yang signifikan antara 2 sampel yang telah di uji yaitu SIFT tanpa peningkatan kualitas citra dengan SIFT – Koreksi gamma.

## V. KESIMPULAN

Peningkatan kualitas citra bawah laut dengan Koreksi Gamma antara rentang nilai 0,1 sampai dengan 1,0 mendapatkan hasil terbaik untuk pencocokan pasangan gambar dengan SIFT pada nilai gamma 0,7. Hasil SIFT

pencocokan pasangan gambar atau citra bawah laut dengan menggunakan Koreksi gamma meningkat 11,22% dari pencocokan pasangan citra tanpa peningkatan kualitas citra bawah laut.

Pada penelitian selanjutnya diperlukan proses tambahan untuk Koreksi Gamma dalam meningkatkan kontras warna sehingga bisa memperoleh peningkatan yang jauh lebih baik untuk mendapatkan titik pencocokan pasangan citra atau gambar bawah laut.

#### REFERENSI

1. Abdullah Habibi, Naneng Setiasih, and Jeni Sartin, *A Decade of Reef Check Monitoring: Indonesian Coral Reefs, Condition and Trends.: The Indonesian Reef Check Network*, 2007.
2. K. Iqbal, R. A. Salam, A. Osman, and A. Z. Talib, "Underwater Image Enhancement Using an Integrated Colour Model," *IAENG International Journal of Computer Science*, Vol. 34, No. 2, 2007.
3. C Beall, B J Lawrence, V Ila, and F Dellaert, "Reconstruction 3D Underwater Structures", Atlantic, 2010.
4. Faraj Alhwarin, Chao Wang, Danijela Ristic- Durrant, and Axel Gräser, "Improved SIFT- features matching for object recognition," in *VoCS'08 Proceedings of the 2008 international conference on Visions of Computer Science: BCS International Academic Conference*, 2008, pp. 179-190.
5. J Floor Anthoni. (2005) [Online]. <http://www.seafriends.org.nz/phgrap h/water.htm>
6. Pulung Nurtantio Andono, "Underwater Image Enhancement Using Adaptive Filtering For Enhanced SIFT-Based Image Matching", *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* Vol.51 No. 3, 2013.
7. Anggi Pramunendar, R, "Auto Level Color Correction for Underwater Image Matching Optimization", *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.13, No.1, January 2013.
8. Raman Maini, "A Comprehensive Review of Image Enhancement Techniques", *Journal of Computing* Vol. 2, 2010.
9. Dr. Ekta Walia, "A Conceptual Study on Image Matching Techniques", *Globall Journal of Computer Science and Technology*, 2010.
10. R.C. Gonzalez, R.E. Woods, "Digital Image Processing", Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 07458, 2002.
11. Darma Putra, "Pengolahan Citra Digital", Penerbit Andi, 2010.
12. Sumathi C P and G Gayathri Devi, "Automatic Text Extraction From Complex Colored Images Using Gamma Correction Method", *Journal of Computer Science* 10 (4):705-715, 2014.
13. S. Asadi Amiri, H. Hassanpour, A.K. Pouyan, "Texture Based Image Enhancement Using Gamma Correction", *Middle-East Journal of Scientific Research*, Vol. 6, pp. 569-574. 2010.
14. M. Farshbaf Doustar, H. Hassanpour, "A Locally-Adaptive Approach For Image Gamma Correction", *Proc. Signal Processing and their Applications (ISSPA)*, pp. 73- 76, 2010.
15. H. Hassanpour dan S. Asadi Amiri, "Image Quality Enhancement Using Pixel-Wise Gamma Correction Via SVM Classifier", University of Shahrood Technology, 2011.
16. Yeong-Kang Lai, "Dynamic Gamma-Correction Algorithm for Improving Color LCD Systems", IEEE, 2011.
17. S. Asadi Amiri, "A Preprocessing Approach for Image Analysis Using Gamma Correction", Department of Computer Engineering Shahrood University of Technology Iran, 2012.
18. Raimondo Schettini and Silvia Corchs, "Underwater Image Processing: State of The Art of Restoration and Image Enhancement Methods", Hindawi Publishing Corporation EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2010.
19. S. Lee, "Content-based image enhancement in the compressed domain based on multi-scale  $\alpha$ -rooting algorithm", *Pattern Recognition Letters*, Vol. 27, pp. 1054-1066, 2006.
20. David G Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," *International Journal of Computer Vision*, 2004.
21. Huibin Wang, Hongye Sun, Jie Shen, and Zhe Chen, "A Research on Stereo Matching Algorithm for Underwater Image," in *International Congress on Image and Signal Processing*, 2011.
22. Jakkarin Singnoo, Graham D. Finlayson, "Understanding the Gamma Adjustment of Images", School of Computing Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK, 2014.
23. Y. Bastanlar, A. Temizel, and Y. Yardmc, "Improved SIFT matching for image pairs with scale difference," *IET Electronic Letters*, vol. vol 46, no. 5, pp. 346-348, 2012.
24. Offir Pele and Michael Werman, "A Linear Time Histogram Metric for Improved SIFT Matching," in *ECCV '08 Proceedings of the 10th European Conference on Computer Vision: Part III*, 2008, pp. 495-508.
25. Plinio Moreno, Alexandre Bernardino, and José Santos Victor, "Improving the SIFT descriptor with smooth derivative filters," *Pattern Recognition Letters*, vol. Volume 30, no. 1, pp. 18-26, 2009.
26. Daw Tung Lin and Chin Hui Hsu, "Improving the Efficiency and Accuracy of SIFT Image Matching," *Computer Applications and Computational Science*, vol. 145, p. 227 233, 2012.

27. Faraj Alhwarin, Chao Wang, Danijela Ristić-Durrant, and Axel Gräser, "Improved SIFT-features matching for object recognition," in *VoCS'08 Proceedings of the 2008 international conference on Visions of Computer Science: BCS International Academic Conference*, 2008, pp. 179- 190.
28. Rommy Rakhman Arief, "Analisis Penggunaan *Scale Invariant Feature Transform* Sebagai Metode Ekstraksi Fitur Pada Pengenalan Jenis Kendaraan", Universitas Indonesia, 2010.
29. Jonathan Cepeda-Negrete and Raul E. Sanchez-Yanez, "*Combining Color Constancy and Gamma Correction for Image Enhancement*", IEEE, 2012.
30. K. Somasundaram and P. Kalavathi, "*Medical Image Contrast Enhancement based on Gamma Correction*", Department of Computer Science and Applications Gandhigram Rural Institute, 2011.

