



PERBAIKAN KUALITAS CITRA BAWAH AIR DENGAN ALGORITMA MSRCR (*MULTISCALE RETINEX WITH COLOR RESTORATION*)

Sri Dianing Asri¹⁾

¹⁾*Teknik Informatika/Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Dian Nusantara*

¹⁾*Tj Duren Barat 2 No 1 RT1/RW5 Tj Duren Utara Grogol Petamburan Jakarta*

Email: ¹⁾sri.dianing.asri@undira.ac.id

Abstract

The underwater environment has high complexity, which naturally arises due to the absorption and scattering of light waves by water and other particles suspended in it. This results in underwater images with low contrast, blurriness, and unclear details, necessitating the use of image enhancement methods. The Retinex method aims to maintain color constancy, where the color of an object appears relatively the same even under different lighting conditions. Preliminary research indicates that the SSR and MSR methods still produce halo effects. Therefore, this study modifies and enhances the MSR method by adding color restoration to correct the color distortion caused by water. This research begins with test images of 5 x 5 dimensions. The image enhancement process is conducted using the proposed MSRCR method and then analyzed mathematically on digital images. Subsequently, it is applied to underwater images with different sigma (σ) values. The MSRCR method effectively enhances contrast.

Keywords: *Color restoration, Image enhancement, MSRCR, Retinex method, Underwater image*

Abstrak

Lingkungan bawah air memiliki kompleksitas yang tinggi, yang muncul secara alamiah karena penyerapan dan penyebaran gelombang cahaya oleh air dan partikel lain yang mengambang dalam air, sehingga citra bawah air yang dihasilkan seperti kontras rendah, buram dan tidak jelas, untuk itu diperlukan metode *image enhancement*. Metode Retinex merupakan metode yang berusaha untuk mempertahankan ketetapan warna (*color constancy*) dimana warna suatu objek yang dilihat memiliki warna yang relatif sama meskipun dalam keadaan pencahayaan yang berbeda. Berdasarkan penelitian pendahuluan metode SSR dan MSR masih menghasilkan efek halo, oleh karena itu penelitian ini menambahkan dan memodifikasi metode MSR dengan menambahkan *color restoration* untuk memperbaiki warna karena distorsi oleh air. Penelitian ini dimulai menggunakan citra ujicoba dengan dimensi 5 x 5. Proses *Image enhancement* dilakukan dengan menggunakan metode yang diusulkan yaitu metode MSRCR kemudian dianalisis secara matematis terhadap citra digital. Kemudian diterapkan terhadap citra bawah air dengan nilai sigma σ yang berbeda. Metode MSRCR ini mampu untuk meningkatkan kontras dengan baik.

Kata Kunci: *Citra bawah air, Color restoration, Image enhancement, Metode Retinex, MSRCR*

1. PENDAHULUAN

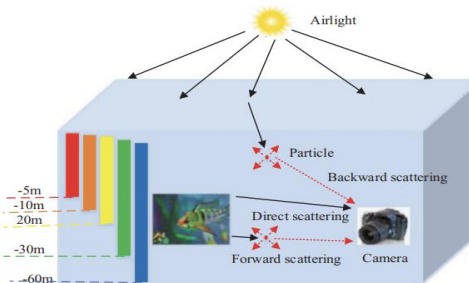
Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (*image preprocessing*) [1]. Perbaikan kualitas diperlukan karena seringkali citra yang diuji mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (*noise*) pada saat pengiriman melalui saluran transmisi, citra terlalu terang/gelap, citra kurang tajam, kabur, dan sebagainya [2]. Melalui operasi pemrosesan awal inilah kualitas citra diperbaiki sehingga citra dapat digunakan untuk aplikasi lebih lanjut, misalnya untuk aplikasi pengenalan (*recognition*) objek di dalam citra [3].

Perbaikan kualitas citra adalah proses memperjelas dan memertajam ciri atau fitur tertentu dari citra agar citra lebih mudah dipersepsi maupun dianalisis secara lebih teliti [4]. Secara matematis, *image enhancement* dapat diartikan sebagai proses mengubah citra $f(x, y)$ menjadi $f'(x, y)$ sehingga ciri-ciri yang dilihat pada $f(x, y)$ lebih ditonjolkan. *Image enhancement* tidak meningkatkan kandungan informasi, melainkan jangkauan dinamis dari citra agar bisa dideteksi lebih mudah dan tepat [5].

Lingkungan bawah air memiliki kompleksitas yang tinggi, yang muncul secara alamiah karena penyerapan dan penyebaran gelombang cahaya oleh air dan partikel lain yang mengambang dalam air, sehingga citra bawah air yang dihasilkan seperti kontras rendah, buram, dan tidak jelas [6]. Gambar 1 memperlihatkan penyerapan dan penyebaran cahaya matahari yang masuk kedalam lingkungan bawah air. Selain itu gambar juga memperlihatkan perbedaan atenuasi



warna cahaya menurut kedalaman air. Cahaya matahari dalam air akan dibiaskan menjadi gelombang cahaya merah, oranye, kuning, hijau dan biru. Gelombang cahaya merah memiliki gelombang terpanjang diantara warna lainnya, cahaya merah paling cepat diserap oleh air, sehingga untuk kedalaman kurang lebih 5 meter dibawah permukaan air akan dijumpai ketiadaan gelombang merah yang akibatnya air akan berwarna kebiruan atau kehijauan. Citra yang diambil dari kamera bawah air mengalami *backward scattering* maupun *forward scattering* oleh partikel dalam air. Scattering menyebabkan objek yang ditangkap kamera menjadi buram dan tidak jelas [7].



Gambar 1. Penyerapan dan penghamburan cahaya matahari

Citra bawah air yang diambil melalui kamera memiliki kualitas rendah dan akan menyulitkan pengenalan maupun klasifikasi objek dilaut, untuk itu diperlukan teknik-teknik untuk meningkatkan kualitas citra bawah air agar bisa diolah untuk tahap berikutnya [8].

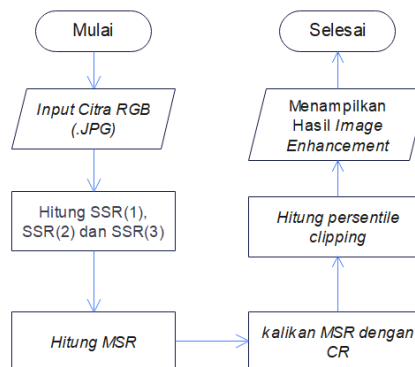
Metode Retinex berusaha untuk mempertahankan ketetapan warna (*color constancy*) dimana warna suatu objek yang dilihat memiliki warna yang relatif sama meskipun dalam keadaan pencahayaan yang berbeda. Seperti suatu objek yang dilihat tetap memiliki warna yang sama meskipun dilihat saat pagi yang cerah maupun sore yang kemerahan [9]. Varian Retinex seperti SSR dan MSR memang mampu untuk meningkatkan kualitas citra, akan tetapi masih ada kelemahannya yaitu menghasilkan efek halo pada citra, sehingga citra memiliki cahaya terlalu cerah berbentuk lingkaran. Salah satu solusi dari permasalahan ini adalah menambahkan restorasi warna pada metode MSR yaitu pada saluran intensitas yang disebut dengan metode MSRCR (*Multiscale Retinex With Color Restoration*) [10]. Kemudian, hasil warna pada keluaran dikomputasi sehingga didapatkan kromatisitasnya sama dengan gambar aslinya.

Metode MSRCR merupakan pengembangan dari metode *Multiscale Retinex* (MSR) yang menggabungkan prinsip-prinsip dari MSR dengan teknik restorasi warna. Algoritma MSR mengolah citra pada beberapa skala spasial untuk memperoleh informasi intensitas di berbagai tingkat detail, sementara dalam restorasi warna, upaya dilakukan untuk memperbaiki reproduksi warna yang akurat pada citra yang telah ditingkatkan kualitasnya. Algoritma MSRCR memiliki beragam aplikasi di berbagai bidang. Dalam pencitraan medis, algoritma dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas gambar dan meningkatkan akurasi diagnostik [11]. Dalam citra satelit, algoritma MSRCR dapat membantu dalam segmentasi gambar secara efektif melalui teknik pembelajaran tanpa pengawasan, menguntungkan bidang seperti pertanian, pemantauan penggunaan lahan, dan tanggap bencana. Selain itu, di bidang restorasi seni, algoritma MSRCR dapat memainkan peran penting dalam memulihkan karya seni yang rusak secara digital dengan menggunakan terjemahan gambar-ke-gambar berdasarkan jaringan permusuhan generatif, memastikan pemulihan lengkap karya seni [12]. Kemampuan beradaptasi dari algoritma MSRCR menjadikannya alat yang berharga dalam meningkatkan kualitas gambar dan memfasilitasi proses restorasi dalam pencitraan medis, analisis citra satelit, dan restorasi seni.

Tujuan penelitian ini secara umum adalah mendapatkan citra bawah air dengan kualitas yang lebih baik, jelas dan tidak buram dengan menambahkan restorasi warna pada MSR (*Multi Scale Retinex*).

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian MSRCR (*Multi-Scale Retinex with Color Restoration*) dimulai dengan mengumpulkan dan memilih gambar yang sesuai dengan target penelitian. Setelah itu, gambar-gambar tersebut diolah dengan teknik *Multi-Scale Retinex* untuk meningkatkan kontras dan memperbaiki pencahayaan. Penghitungan MSR dimulai dari menghitung SSR dengan nilai sigma (σ) yang berbeda. Langkah berikutnya adalah mengaplikasikan *Color Restoration* untuk mengembalikan warna asli gambar yang mungkin telah terdistorsi selama proses pengambilan gambar. Kemudian dilanjutkan dengan menerapkan *percentile clip* untuk mengurangi nilai-nilai *outliers* dalam gambar. Langkah terakhir adalah menampilkan hasil *image enhancement* dan kemudian menerapkannya pada citra bawah air. Tahapan penelitian diperlihatkan dalam Gambar 2. berikut:



Gambar 2. Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan citra dua dimensi dengan ekstensi JPG. Data yang diambil berasal dari perangkat ASV (*Autonomous Surface Vehicle*) ASV adalah perangkat atau kendaraan berbentuk kapal mini yang berjalan di permukaan air dan dapat bergerak tanpa awak di dalamnya secara otomatis. Seperangkat kamera digital dapat diletakkan dalam ASV untuk pengamatan padang lamun dan biota yang ada dibawahnya, bergerak secara dinamis sesuai dengan waypoint dan dilengkapi dengan GPS. Kemudian dilakukan penghitungan MSRCR.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi metode MSRCR dilakukan dengan melakukan penghitungan secara matematis terhadap citra yang diujicobakan. Gambar 3 memperlihatkan citra RGB matriks dimensi 5x5.

R = 62 G = 60 B = 39	R = 118 G = 135 B = 151	R = 146 G = 165 B = 180	R = 62 G = 80 B = 94	R = 5 G = 24 B = 39
R = 255 G = 255 B = 0	R = 56 G = 89 B = 65	R = 3 G = 91 B = 61	R = 118 G = 135 B = 151	R = 118 G = 117 B = 50
R = 118 G = 135 B = 151	R = 62 G = 80 B = 94	R = 255 G = 255 B = 0	R = 170 G = 0 B = 127	R = 3 G = 91 B = 61
R = 56 G = 89 B = 65	R = 139 G = 140 B = 150	R = 0 G = 0 B = 127	R = 139 G = 140 B = 150	R = 5 G = 31 B = 192
R = 62 G = 80 B = 94	R = 255 G = 255 B = 0	R = 5 G = 31 B = 192	R = 3 G = 91 B = 61	R = 62 G = 60 B = 39

Gambar 3. Citra RGB matriks dimensi 5x5

Metode MSRCR merupakan pengembangan untuk Retinex, digunakan untuk meningkatkan dari metode SSR dan MSR sebelumnya dengan menghitung restorasi warna pada setiap piksel RGB. Oleh karena itu MSRCR menghitung SSR setiap kanal RGB dan juga menghitung MSR. Kemudian baru dihitung nilai piksel restorasi warna dengan MSRCR.

1. Tentukan SSR pada setiap kanal RGB dengan nilai σ berbeda

Penelitian ini akan dipilih nilai SSR1 dengan nilai $\sigma_1 = 0.6$; SSR2 dengan nilai $\sigma_2 = 7.5$ dan SSR3 dengan nilai $\sigma_3 = 15$. Persamaan SSR dituliskan sebagai berikut:

$$R(x,y) = \log I(x,y) - [\log I(x,y)] * F(x,y)$$

- Tentukan SSR1, dengan menghitung $\log I(x,y)$. Nilai $\log I(x,y)$ pada setiap kanal.

RED					GREEN					BLUE				
62	118	145	62	5	60	135	165	80	24	39	151	180	94	39



255	56	3	118	118
118	62	255	170	3
56	139	0	139	5
62	255	5	3	62

255	89	91	135	117
135	80	255	0	91
89	140	0	140	31
80	255	31	91	60

0	65	61	151	50
151	94	0	127	61
65	150	127	150	192
94	0	192	61	39

- Hitung kernel Gaussian menggunakan persamaan berikut, dengan $\sigma = 0,6$ dengan dimensi matriks 3x3, dengan nilai x dan y ditentukan :

$\frac{1}{2\pi 0,6^2} e^{-\frac{-1^2+1^2}{20,6^2}}$	$\frac{1}{2\pi 0,6^2} e^{-\frac{0^2+1^2}{20,6^2}}$	$\frac{1}{2\pi 0,6^2} e^{-\frac{1^2+1^2}{20,6^2}}$
$\frac{1}{2\pi 0,6^2} e^{-\frac{-1^2+0^2}{20,6^2}}$	$\frac{1}{2\pi 0,6^2} e^{-\frac{0^2+0^2}{20,6^2}}$	$\frac{1}{2\pi 0,6^2} e^{-\frac{1^2+0^2}{20,6^2}}$
$\frac{1}{2\pi 0,6^2} e^{-\frac{-1^2+-1^2}{20,6^2}}$	$\frac{1}{2\pi 0,6^2} e^{-\frac{0^2+-1^2}{20,6^2}}$	$\frac{1}{2\pi 0,6^2} e^{-\frac{1^2+-1^2}{20,6^2}}$



0,0275	0,1102	0,0275
0,1102	0,04423	0,1102
0,0275	0,1102	0,0275

Jumlah nilai dari gambar diatas adalah sebesar 0,9931. Jumlah ini belum mencapai 1. Oleh karena itu dilakukan normalisasi untuk mendapatkan nilai 1, dengan menggunakan rumus :

$$\text{New } a_{nm} = a_{nm} * \frac{1}{\text{Jumlah Nilai}}$$

0,0276	0,1109	0,0276
0,1109	0,4456	0,1109
0,0276	0,1109	0,0276
	$F(x,y)$	



Jumlah Nilai = 0,9996 $\approx$ 1

- **Hitung $\log I(x,y) * F(x,y)$**

Penghitungan $\log I(x,y) * F(x,y)$ dimulai dari menghitung konvolusi antara nilai $\log I(x,y)$ kanal *Red*, *Green* dan *Blue* dengan $F(x,y)$ sebagai berikut :

$\log I(x,y)$

0	0	0	0	0	0	0
0	62	118	145	62	5	0
0	255	56	3	118	118	0
0	118	62	255	170	3	0
0	56	139	0	139	5	0
0	62	255	5	3	62	0
0	0	0	0	0	0	0

$F(x,y)$

0.03	0.11	0.03
0.11	0.44	0.11
0.03	0.11	0.03

RED

$\log I(x,y) * F(x,y)$

70.54	88.87	89.71	60.69	25.45
144.8	89.53	76.36	103	72.96
99.33	99.28	152.1	136.3	40.92
69.08	115.4	73.19	90.65	29.62
65.95	138	38.51	24.32	32.35

$\log I(x,y)$

0	0	0	0	0	0	0
0	60	135	165	80	24	0
0	255	89	91	135	117	0
0	135	80	255	0	91	0
0	89	140	0	140	31	0
0	80	255	31	91	60	0
0	0	0	0	0	0	0

$F(x,y)$

0.03	0.11	0.03
0.11	0.44	0.11
0.03	0.11	0.03

GREEN

$\log I(x,y) * F(x,y)$

84.56	72.44	83.67	71.97	13.64
67.53	135	45.76	57.25	13.32
84.85	46.01	69.42	39.43	5.95
140.5	45.96	59.51	44.13	7.51
30.47	10.47	10.95	9.16	1.66

$\log I(x,y)$

0	0	0	0	0	0	0
0	39	151	180	94	39	0

$F(x,y)$

$\log I(x,y) * F(x,y)$

35.9	100.5	120	86	37.5
------	-------	-----	----	------



0	0	65	61	151	50	0	0.03	0.11	0.03	35	73	84	111.8	56
0	151	94	0	127	61	0	0.11	0.44	0.11	90.8	89	59.6	108.6	76
0	65	150	127	150	192	0	0.03	0.11	0.03	75	110	119	131	118
0	94	0	192	61	39	0				53	53	114	78	49.6
0	0	0	0	0	0	0								

BLUE

Didapatkan Nilai SSR1, SSR2 dan SSR3 untuk setiap kanal RGB. Setiap nilai SSR tersebut dinormalisasi menggunakan persamaan berikut: $\text{Nilai Baru} = \text{abs} \frac{(\text{Nilai SSR} - \text{Min})}{(\text{Max} - \text{Min})} \times 255$

Sehingga didapatkan:

-8.5	29	55	1.3	-20
110	-33	-73	15	45
18.6	-37	103	33	-37
-13	23	-73	48	-24
-3	117	-33	-21	29.6

Nilai SSR_{1-Red}

86	137	173	100	70
247	53	0	118	159
123	48	237	143	47
80	130	0	163	65
93	255	53	69	138

Normalisasi Nilai SSR_{1-Red}

Dengan cara yang sama maka akan didapatkan SSR1 untuk kanal *Green* dan *Blue* sebagai berikut :

-12	30	51	2.6	12
103	-29	-29	28	34
21	-36	108	-75	26
0	16	-74	52	-17
2	111	-28	23	15

Nilai SSR_{1-Green}

85	144	173	106	86
145	61	62	141	150
132	53	251	0	139
103	125	0	174	78
106	255	63	135	124

Normalisasi Nilai SSR_{1-Green}

3	51	60	9	2
-35	-8	-22	40	-6
61	5	-59	19	-15
-10	40	9	19	74
41	-53	78	-17	-10

Nilai SSR_{1-Blue}

115	203	221	124	112
44	94	67	182	98
221	118	1	144	81
90	183	124	144	246
185	9	253	77	90

Normalisasi Nilai SSR_{1-Blue}

Nilai SSR2 dengan nilai $\sigma_2 = 7.5$ adalah sebagai berikut :

54	71	55	50	34
74	119	109	98	53
75	104	104	80	61
76	105	114	71	42
56	57	60	23	23

Red

59	88	77	68	39
83	140	114	106	49
87	125	103	95	57
86	118	110	77	46
62	66	72	38	35

Green

28	55	78	64	37
55	82	102	84	58
58	79	102	102	81
61	97	100	105	70
33	69	75	84	48

Blue

Berikutnya dicari nilai normalisasi SSR₂ untuk setiap kanal RGB. Nilai SSR₂ yang baru adalah sebagai berikut:

7	46	89	11	-29
180	-63	-106	19	64
42	-42	150	79	-58
-20	33	-114	87	-37
5	197	-55	-0	38

SSR_{2Red}

0.02	46	87	11	-16
171	-51	-23	28	67
47	-45	151	-95	33
2.8	22.8	-110	62	-15
18	189	-41	52	24

SSR_{2Green}

10	95	101	29	1.4
-55	-17	-41	66	-8
92	14	-102	24	-20
3	53	27	44	121
60	-69	117	-23	-10

SSR_{2Blue}

Nilai SSR3 nilai $\sigma_3 = 15$, dan nilai normalisasi SSR3 adalah sebagai berikut:

54	72	55	50	33
74	119	109	97	53
76	104	104	90	61
76	105	114	71	42

59	88	77	68	39
83	140	114	106	49
87	125	103	95	57
86	118	110	77	45

28	55	78	64	37
55	82	102	84	58
58	79	102	102	81
61	97	100	105	70



56	57	60	23	23
----	----	----	----	----

Red

62	66	72	39	35
----	----	----	----	----

Green

33	69	75	84	48
----	----	----	----	----

Blue

Nilai bau SSR3 hasil normalisasi:

7	46	89	11	-29
180	-63	-106	19	64
42	-42	150	79	-58
-20	33	-114	87	-37
5	197	-55	-0	38

SSR₃Red

0.13	46	87	12	-15
171	-51	-23	28	67
47	-46	151	-95	34
2.5	21.7	-110	62	-14
17	189	-41	51	24

SSR₃Green

10	95	102	30	1.9
-55	-17	-41	66	-7
92	14	-102	24	-20
3	53	27	44	122
59	-69	116	-23	-10

SSR₃Blue

2. Tentukan MSR pada setiap kanal RGB

Penghitungan MSR mempertimbangkan bobot yang ada pada setiap SSR. Jumlah total bobot adalah 1. Mengikuti persamaan dapat dibuat menjadi :

$$R_{MSR_i} = w_1 \times SSR_1 + w_2 \times SSR_2 + w_3 \times SSR_3$$

Dengan Bobot Total = $w_1 = 0.333 + w_2 = 0.334 + w_3 = 0.333$

a. Penghitungan SSR₁ Terbobot

Pemberian bobot $w_1 = 0.333$ pada SSR₁ dikenakan pada semua Kanal RGB. sebagai berikut :

$$w_1 = 0.333 \times SSR_1Red$$

-2.8	9.6	18	0.4	-6.6
36.6	-11	-24	5	15
6.2	-12	34.3	11	-12
-4	7.6	-24	16	-8
-1	39	-11	-7	10

SSR₁Red terbobot

$$w_1 = 0.333 \times SSR_1Green$$

-4	10	17	0.8	4
34	-9	-9	9	11
7	-12	36	-25	8.6
0	5.3	-24	17	-5
0.66	37	-9	7.6	5

SSR₁Green terbobot

$$w_1 = 0.333 \times SSR_1Blue$$

1	17	20	3	0.66
-11	-2	-7	13	-2
20	1.6	-19	6.3	-5
-3.3	13.3	3	6.3	44
13.6	-17.6	26	-5.6	-3.3

SSR₁Blue terbobot

b. Penghitungan SSR₂ Terbobot

Pemberian bobot $w_2 = 0.334$ pada SSR₂ dikenakan pada semua Kanal RGB. sebagai berikut :

$$w_2 = 0.334 \times SSR_2Red$$

2.33	15.3	29.7	3.6	-9.6
60	-21	-35	6.3	21
14	-14	50	26	-19
-6	11	-38	29	-12
1.6	65.8	-18	0	12.7

SSR₂Red terbobot

$$w_2 = 0.334 \times SSR_2Green$$

0	15	29	3.6	-5
57	-17	-7	9	22
15	-15	50	-31	11
0.9	7.6	-36	20	-5
6	63	-13	17	8

SSR₂Green terbobot

$$w_2 = 0.334 \times SSR_2Blue$$

3.3	31.7	33.7	9.6	0.4
-18	-5.6	-13	22	-2
30.7	4.6	-34	8	-6
1	17	9	14.6	40
20	-23	39	-7	-3

SSR₂Blue terbobot

c. Penghitungan SSR₃ Terbobot

Pemberian bobot $w_3 = 0.333$ pada SSR₃ dikenakan pada semua Kanal RGB. sebagai berikut :

$$w_3 = 0.333 \times SSR_3Red$$

1.8	39	77	7.6	-25
156	-53	-24	17	57
34	-40	134	63	-50
-16	29	-100	74	-32
2	170	-47	-7	35

SSR₃Red terbobot

$$w_3 = 0.333 \times SSR_3Green$$

-4	40	75	8.4	-6
148	-43	-24	27	55
38.3	-42	136	-87	30
1.73	20	-96	57	-14
12	163	-35	41	21

SSR₃Green terbobot

$$w_3 = 0.333 \times SSR_3Blue$$

7.6	80	87	22	1.6
-47	13	-33	57	-6
81	10	-19	22	-17
-1	47	21	35	124
53	-63	103	-20	-9

SSR₃Blue terbobot

Penghitungan MSR dilakukan dengan menjumlahkan semua nilai SSR₁ Terbobot, SSR₂ Terbobot dan SSR₃ Terbobot untuk setiap kanal RGB, sehingga Nilai MSR didapatkan :

1.83	39.9	77.3	7.6	-25.8
------	------	------	-----	-------

-4	40.3	75	8.4	-6
----	------	----	-----	----

7.6	80.3	87.6	22.6	1.66
-----	------	------	------	------



156	-53	-24	17.6	57.3
34.2	-40	134.3	63.3	-50.3
-16	29.6	-100	74	-32.3
2.26	170.4	-47.3	-7	35.35

MSR-Red

148	-43.6	-24.2	27	55.3
38.3	-42	136.9	-87	30.9
1.73	20.15	-96.6	57.6	-14.
12.32	163	-35.6	41.6	21

MSR-Green

-47.	13.2	-33	57	-6.3
81.3	10.86	-19	22.3	-17.
-1.3	47.95	21	35.5	124
53.25	-63.6	103	-20	-9.6

MSR-Blue

Sedangkan untuk hasil normalisasi nilai MSR (**Int₁**) adalah sebagai berikut:

96	132	167	101	70
242	44	71	112	148
126	56	221	154	47
78	122	0	164	64
96	255	49	87	127

Int₁ MSR-Red

90	134	168	103	89
240	52	71	121	149
132	53	229	8.8	125
96	114	0	151	89
106	255	60	135	115

Int₁ MSR-Green

96	195	205	117	88
22	104	40	163	77
196	101	60	116	62
84	151	114	134	255
158	0	226	59	73

Int₁ MSR-Blue

3. Tentukan MSRCR pada setiap kanal RGB

Menghitung MSRCR terlebih dahulu menghitung *color restoration* (CR) pada setiap kanal *Red*, *Blue* dan *Green*. MSRCR merupakan pengembangan dari MSR dengan mengalikan MSR pada setiap kanal dengan CR, sesuai dengan rumus berikut:

$$MSRCR_c = MSR_c \times (\log(125 I_c) - \log(I_R + I_G + I_B))$$

Didapatkan nilai untuk ketiga kanal yaitu sebagai berikut :

161	206	261	153	67
434	67	27	174	253
196	84	396	285	18
118	196	0	263	28
145	457	21	33	213

MSRCR-Red

150	217	272	167	146
430	89	132	196	254
213	86	411	-3	23
165	183	0	243	109
172	457	73	251	191

MSRCR-Green

109	339	371	187	125
-10	163	50	263	120
341	159	-18	205	104
132	232	236	242	490
289	0	459	100	123

MSRCR-Blue

Untuk mendapatkan hasil dalam warna RGB maka digunakan rumus berikut:

$$Hasil_c = \text{SimpleColorBalance}(MSRCR_c, s_1, s_2)$$

Menjalankan persamaan diatas dilakukan dengan menghitung persentase clipping sebesar 1% nilai teratas (99%) dan 1% nilai terbawah. nilai min dan nilai max ditentukan dengan menggunakan nilai persen atau *percentile* suatu kanal warna RGB.

Data yang digunakan sebagai contoh adalah sebanyak n=75 nilai piksel RGB dari MSRCR_c. Sebelumnya nilai piksel tersebut di urutkan dulu. Sehingga didapatkan nilai *persentile clip* sebagai berikut:

Low = 1%

$$r = ((\frac{1}{100}) (n-1))+1 = 1,74$$

$$r = 1; r_f = 0,74$$

$$r_{1,74} = v_2 + r_f (v_3 - v_2) \\ = -10 + (0,74 \times (-3 + 10)) = -4,82$$

High = 99%

$$r = ((\frac{99}{100}) (n-1))+1 = 74,26$$

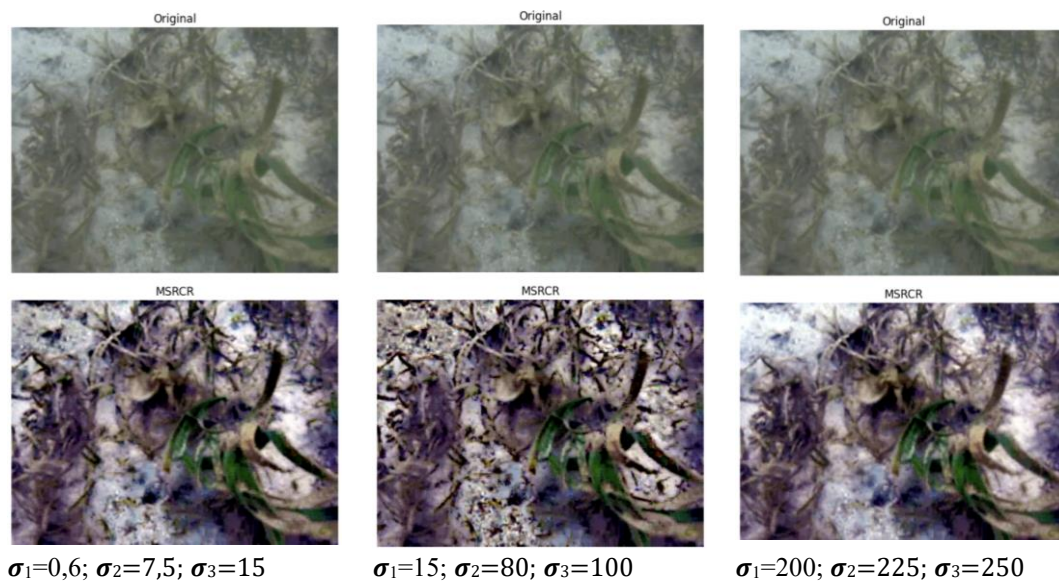
$$r = 74; r_f = 0,26$$

$$r_{74,26} = v_{73} + r_f (v_{74} - v_{73}) \\ = 457 + 0,26 (459 - 457) = 457,52$$



Red					Green					Blue				
91	116	147	87	39	85	122	153	95	83	62	189	207	106	72
242	39	17	99	142	240	52	75	110	143	0	93	30	148	69
111	49	221	160	12	120	50	229	0	131	190	90	0	116	60
68	110	2	148	18	93	103	2	136	63	75	130	133	136	255
82	255	14	21	120	97	255	43	141	108	162	2	255	57	70

Pemilihan nilai σ_1 , σ_2 , dan σ_3 rendah menghasilkan gambar yang sedikit buram untuk latar belakang, sedangkan pemilihan nilai σ_1 , σ_2 , dan σ_3 yang tinggi menghasilkan citra dengan kontras yang lebih jelas akan tetapi sedikit terang. Oleh karena itu sebaiknya pemilihan σ_1 , σ_2 , dan σ_3 menggunakan nilai rendah, sedang dan tinggi yang dipilih rentang nilai antara 0 sampai dengan 250. Hasil tampilan MSRCR yang diterapkan pada *image underwater* dengan berbagai nilai sigma (σ) diperlihatkan dalam Gambar 5 berikut:



4. KESIMPULAN

Hasil image enhancement dengan metode MSRCR ditunjukkan dalam Gambar 5. Metode ini berhasil meningkatkan kecerahan citra. Nilai sigma (σ) yang diambil sangat menentukan tingkat kecerahan dan kontras dari citra. Ketiga nilai σ_1 , σ_2 , dan σ_3 merupakan nilai sigma dari MSR yang merupakan dasar dari MSRCR. Nilai sigma yang tidak tepat akan menghasilkan citra yang gelap dan terlihat tidak nyata. Oleh karena itu digunakan nilai sigma dengan rentang yang baik, misal dipilih nilai rendah, sedang dan tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Huang, J. Li, and Z. Hua, "Attention-based for Multiscale Fusion Underwater Image Enhancement.," *KSII Transactions on Internet & ...*, 2022
- [2] H. Tang, H. Zhu, L. Fei, T. Wang, Y. Cao, and C. Xie, "Low-Illumination Image Enhancement Based on Deep Learning Techniques: A Brief Review," *Photonics*, vol. 10, no. 2, 2023, doi: 10.3390/photonics10020198.



- [3] M. S. Ahmed, T. T. Aurpa, and M. A. K. Azad, "Fish Disease Detection Using Image Based Machine Learning Technique in Aquaculture," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 34, no. 8, pp. 5170–5182, 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2021.05.003.
- [4] J. Zhou, D. Zhang, and W. Zhang, "Underwater image enhancement method via multi-feature prior fusion," *Applied Intelligence*, 2022, doi: 10.1007/s10489-022-03275-z.
- [5] K. A. Islam, "Deep Learning Approaches for Seagrass Detection in Deep Learning Approaches for Seagrass Detection in Multispectral Imagery Multispectral Imagery," 2021, doi: 10.25777/gct9-yr76.
- [6] C. Fabbri, M. J. Islam, and J. Sattar, "Enhancing underwater imagery using generative adversarial networks," *2018 IEEE International ...*, 2018, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8460552/>
- [7] C. O. Ancuti, "Color Balance and Fusion for Underwater Image Enhancement," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 27, no. 1, pp. 379–393, 2018, doi: 10.1109/TIP.2017.2759252.
- [8] D. G. Kim and S. M. Kim, "Single image-based enhancement techniques for underwater optical imaging," *Journal of Ocean Engineering and Technology*, 2020, [Online]. Available: <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO202007159775134.page>
- [9] F. Tian, T. Chen, and J. Zhang, "Research on Improved Retinex-Based Image Enhancement Method for Mine Monitoring," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, no. 4, 2023, doi: 10.3390/app13042672.
- [10] L. Dong, L. Zhao, and J. Wang, "Image enhancement via texture protection Retinex," *IET Image Process*, vol. 16, no. 1, pp. 61–78, 2022, doi: 10.1049/ipr2.12311.
- [11] B. Liang, X. X. Jia, and Y. Lu, "Application of Adaptive Image Restoration Algorithm Based on Sparsity of Block Structure in Environmental Art Design," *Complexity*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/9035163.
- [12] R. S. Cruz, L. Lebrat, P. Bourgeat, C. Fookes, J. Fripp, and O. Salvado, "DeepCSR: A 3D Deep Learning Approach for Cortical Surface Reconstruction," 2021. [Online]. Available: <http://maxwellplus.com/>