

## Prediksi TDS, TSS, dan Kedalaman Waduk Selorejo menggunakan *Aerial Image Processing*

### *Prediction of TDS, TSS, and Water Depth Selorejo Reservoir using Aerial Image Processing*

Bambang Rahadi<sup>1\*</sup>, Ruslan Wiroesoedarmo<sup>1</sup>, Alexander Tunggul Sutan Haji<sup>1</sup>, Andry Pratama Ariyanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145, Indonesia

\*Email korespondensi : jbrahadi@ub.ac.id

#### ABSTRAK

Warna pada air berasal dari cahaya yang ditangkap oleh partikel-partikel tersuspensi atau sedimen pada air waduk tersebut. Partikel tersuspensi pada air waduk tentunya akan mempengaruhi TSS dan TDS. Kedalaman pada waduk juga mempengaruhi warna pada wilayah perairan waduk. Sifat fisik pada perairan waduk dapat ditangkap oleh kamera. Warna-warna tersebut diubah menjadi kode *hexadecimal* (RGB). Selanjutnya kode warna tersebut diklasifikasikan sesuai dengan keadaan lapang dimana TSS, TDS serta kedalaman akan menjadi parameter yang menentukan warna air tersebut. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui Standar Operasi dan Prosedur (SOP) pengambilan sampel gambar menggunakan penginderaan jauh pada Waduk Selorejo; mengetahui bagian waduk yang memiliki nilai TSS tinggi; dan mengetahui pengaruh TSS, TDS, dan kedalaman terhadap indeks warna. Penelitian ini menggunakan analisis spasial dan metode deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif kuantitatif digunakan untuk menggambarkan tingkat kualitas air pada indeks warna yang berbeda. Pengambilan gambar dilakukan pada sepuluh titik pada waduk. Proses analisis menggunakan program *Colour Picker*. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa SOP pengambilan sampel gambar dan air pada Waduk Selorejo dilakukan pada waktu yang hampir bersamaan agar terhindar dari perubahan kualitas air. TSS pada bagian tepi waduk lebih tinggi daripada bagian tengah. TSS dapat diprediksi, sedangkan kedalaman dan TDS tidak dapat diprediksi dengan indeks warna.

Kata kunci: indeks warna, kualitas air, *monitoring*, *remote sensing*

#### ABSTRACT

Water Colour come from light that catch by suspended particle or sediment at reservoir. Particle that suspended in water at reservoir will affect to TSS and TDS in the reservoir. Depth can also affect the colour of the reservoir waters. Physical properties in reservoir waters can be captured by the camera. The colours will be changed to hexadecimal code (RGB). The colour code will be classified according to field conditions where TSS, TDS level, and depth will be the parameters that determine the colour of the water. The purpose of this study is to determine the Operating Standards and Procedures (SOP) of image sampling using remote sensing in the Selorejo Reservoir; to know which part of the reservoir has a high TSS value; and to know the effect of TSS, TDS, and depth on the color index. This study uses spatial analysis and quantitative descriptive methods. Quantitative descriptive methods can be used to describe the level of water quality at different colour indices. The picture was taken at ten different points in the reservoir. The analysis process uses the Color Picker program. Based on this research, it is known that the SOP of image and water sampling in the Selorejo Reservoir is carried out at almost the same time to avoid changes in water quality. TSS at the edge of the reservoir is higher than the center. TSS level can be predicted while the depth and TDS level can not be predicted with the colour index.

Keywords: colour indeks, water quality, *monitoring*, *remote sensing*

## PENDAHULUAN

Waduk atau *reservoir* merupakan bangunan tempat menyimpan air yang nantinya akan didistribusikan ke lingkungan masyarakat sekitar. *Maintenance* pada waduk sangatlah dibutuhkan untuk menjaga *life storage* atau volume horizontal melalui *intake* agar terjaga kualitasnya, serta kantong lumpur atau *dead storage* untuk mengetahui kedalaman sehingga dapat memprediksi waktu pengerukan. *Maintenance* dilakukan untuk menjaga usia waduk berdasarkan sedimen yang tertumpuk pada *dead storage*. Pengukuran kedalaman dilakukan untuk mengetahui kontour dasar waduk dan volume air (Rahayudi & Marji, 2017). Kualitas air pada waduk perlu dijaga, mengingat air merupakan kebutuhan vital bagi masyarakat sekitar. Perum Jasa Tirta melakukan *monitoring* setiap satu bulan sekali untuk *life storage* serta tiga bulan sekali untuk *dead storage*, dan setiap satu kali *monitoring*, akan memakan biaya hingga ratusan juta rupiah, sehingga anggaran untuk melakukan *monitoring* membengkak (Alaerts & Santika, 1987).

Warna pada air waduk berasal dari cahaya yang ditangkap oleh partikel yang tersuspensi (Effendi, 2003). Warna pada air dapat menunjukkan sifat air, seperti TDS, TSS, hingga kedalaman. Berdasarkan hal tersebut bisa dilakukan penginderaan jarak jauh untuk melakukan *monitoring* agar menghemat biaya. Penginderaan jauh merupakan ilmu dan teknik untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah atau fenomena, melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek yang dikaji (Pambuko, 2013). Informasi tentang obyek, daerah dan fenomena yang diteliti didapatkan dari analisis data yang dikumpulkan oleh sensor dari jarak jauh (Parwali, 2006). Gambar yang dihasilkan dari perekaman satelit juga berbeda-beda, sesuai dengan jenis sensor yang dimiliki oleh satelit perekam (Lillesand & Kiefer, 1994). Kelebihan dari metode ini yaitu efektif dan efisien dalam melakukan pemetaan, revisi dapat dilakukan dengan cepat dan daerah cakupan data jauh (Risahdi & Pratama, 2013). Pengambilan gambar udara dibutuhkan untuk

mengambil sampel warna pada permukaan air, sehingga dapat dianalisa melalui digital *image processing* menggunakan *Colour Picker* untuk mendapatkan kode *hexadecimal* RGB dan CMYK. *Image Processing* merupakan proses penangkapan hampir keseluruhan sinyal elektromagnetik mulai dari gamma hingga gelombang radio oleh mesin pencitraan (Putra, 2010). Sampel air diambil untuk menganalisa TSS, TDS serta mengukur kedalaman untuk mengetahui perbedaan warna yang dihasilkan. Kedalaman air dapat mempengaruhi warna pada air, hal ini dikarenakan jika kedalaman air tinggi maka cahaya tidak akan mencapai dasar air sehingga warna akan cenderung lebih gelap, begitu juga sebaliknya jika kedalaman air rendah maka cahaya akan dipantulkan oleh dasar air sehingga warna air akan lebih terang. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui Standar Operasi dan Prosedur (SOP) pengambilan sampel gambar menggunakan penginderaan jauh dan analisis *image processing* pada Waduk Selorejo; mengetahui bagian waduk yang memiliki nilai TSS yang tinggi; dan mengetahui pengaruh TSS, TDS, dan kedalaman terhadap indeks warna serta pengaruhnya terhadap indeks warna sampel pada Waduk Selorejo.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2017 sampai dengan Maret 2017 bertempat di Waduk Selorejo yang terletak di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Batas pengambilan sampel dibagi menjadi tiga bagian, yakni bagian hulu, tengah, dan hilir. Data-data sekunder yang diperlukanyaitu data peta wilayah, data primer berupa data TSS, TDS gambar udara yang diambil menggunakan *aircraft DJI Phantom 3* dengan resolusi kamera 16 *Megapixel*, *Luxmeter* dimana cahaya akan ditangkap oleh *Light Sensor* yang ada pada *Smartphone Meizu* dan data akan diukur menggunakan aplikasi *Altimeter*, *Software Adobe Photoshop CS (Creative Suite) 3*, *Sonar Fish Finder Merk Lucky FF178*, *TSS-Analyzer Merk Aysix 3150*, *Turbidimeter Lovibond TB 300 IR*.

Penelitian ini menggunakan analisis statistik dan metode deskriptif kuantitatif.

Pengambilan sampel gambar dilakukan dengan cara mengambil video dengan resolusi 3840x2160, dimana resolusi tersebut memiliki *Frame rate* sebesar 60 *Frame per Second (FPS)*. Pengambilan gambar dilakukan dengan intensitas cahaya 1000 hingga 1800 lux, untuk menghindari jumlah refleksi bayangan awan yang berlebihan serta membuat warna gambar menjadi lebih merata, jumlah bayangan yang dihasilkan serta *Over Exposure*. Intensitas penerangan atau cahaya adalah banyaknya cahaya yang tiba pada satu luas permukaan (Ahmadi & Handoko, 2009).

Gambar udara diambil pada ketinggian 100-250 meter di atas permukaan air waduk. Pengambilan gambar dilakukan dalam 3 bagian daerah waduk yakni hulu tengah dan hilir. Luas bendungan yang telah dibagi yakni masing-masing 2.67 km<sup>2</sup> dengan ketinggian 255 meter di atas permukaan air. Proses analisa dapat dilakukan dengan cara menggunakan *tool Colour Picker* untuk mendapatkan kode *hexadecimal* RGB. Kemudian, titik-titik pengambilan sampel gambar diambil contoh airnya untuk diuji pada tiap titiknya. Pengukuran kedalaman air pada tiap titik di waduk menggunakan *Sonar Fish Finder*. Kedalaman akan sangat mempengaruhi warna pada air waduk. Penyebab warna air yang berbeda yakni partikel yang tersuspensi menangkap cahaya dan dipantulkan kembali ke sensor kamera, sedangkan kedalaman ialah jarak cahaya mencapai dasar waduk. Data TSS diproses dengan cara interpolasi untuk mengetahui range TSS dan pengaruhnya terhadap gradasi warna. Tiap titik diambil dari tiga tempat berbeda, yakni hulu, tengah dan hilir. Perbedaan tempat tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh lokasi terhadap TSS, TDS, dan kedalaman air waduk. Data yang telah dikumpulkan akan dijadikan indeks warna untuk monitoring selanjutnya. Penambahan model matematika dengan menggunakan Sistem Linear Tiga Variabel pada tiap bagian digunakan untuk validasi keterkaitan warna dengan kualitas air. Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Persamaan 1.

$$h(R_n A + G_n B + B_n C) F_h = TSS \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

R = Nilai *Red*

n = Nomor Titik

G = Nilai *Green*

A-C= Koefisien

B = Nilai *Blue*

h = Kedalaman

Fh = Faktor Kedalaman

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa TSS

*Total Suspended Solid (TSS)* adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya (Nasution, 2008). TSS juga merupakan padatan yang tersuspensi pada air. Padatan tersebut dapat menangkap atau memantulkan cahaya sehingga dapat mempengaruhi warna pada perairan. Nilai TSS pada titik-titik pengambilan sampel beserta kode warna *Hexadecimal* pada perairan terdapat pada Tabel 1.

Nilai TSS paling tinggi yakni sebesar 868 mg.L<sup>-1</sup> pada titik ke 3 pada bagian hulu dengan kode warna *hexadecimal* adalah 5c665e, dapat dilihat pada nilai RGB yaitu *Red* = 92 *pixel*, *Green* = 102 *pixel*, dan *Blue* = 94 *pixel*. Warna cenderung gelap karena memiliki TSS yang tinggi, hal ini disebabkan banyaknya partikel tanah yang menangkap cahaya sehingga warna menjadi cenderung gelap. Nilai TSS yang paling rendah yakni sebesar 771 mg.L<sup>-1</sup> pada titik ke 5 bagian tengah dengan kode warna *hexadecimal* adalah 6e6e6c. Warna nilai terendah TSS memiliki warna yang lebih cerah dari nilai tertinggi TSS yang memiliki warna cenderung gelap, hal ini disebabkan jumlah partikel yang terdapat pada titik tersebut rendah sehingga warna cenderung lebih cerah.

Nilai TSS pada Waduk Selorejo menunjukkan bahwa perbedaan nilai TSS dapat membuat perbedaan warna air. Terdapat persamaan nilai TSS pada titik 6 dengan titik 9, yakni pada nilai 778 mg.L<sup>-1</sup> namun memiliki perbedaan warna, dimana pada titik 6 memiliki kode warna

*hexadecimal* adalah 606a62 sedangkan pada titik 9 memiliki kode warna *hexadecimal* adalah 5f696a.

Analisis kode warna dengan nilai TSS dibutuhkan untuk validasi keterkaitan antara campuran warna RGB terhadap nilai TSS. Model persamaan yang digunakan ialah Sistem Linear Tiga Variabel (Persamaan 1), dimana variabel yang digunakan sesuai dengan jumlah titik yang digunakan dalam sampling. Persamaan tersebut bertujuan untuk mencari nilai koefisien yang akan digunakan dalam prediksi. Perbedaan warna pada waduk terdapat pada Gambar 1.

### Analisa TDS

*Total Dissolved Solid* merupakan jumlah kandungan zat padat terlarut dalam air juga mempengaruhi penetrasi cahaya matahari masuk kedalam badan perairan. Jika nilai TDS tinggi maka penetrasi cahaya matahari akan berkurang, akibatnya proses fotosintesis juga akan berkurang yang akhirnya mengurangi tingkat produktifitas perairan. TDS yang tinggi akan mempengaruhi warna pada permukaan air, hal ini dikarenakan banyaknya partikel pada permukaan yang menangkap cahaya. Tidak hanya kekeruhan yang dapat mempengaruhi warna, namun juga TSS atau padatan yang tersuspensi (Effendi, 2003).

TDS yang merupakan padatan yang terlarut dapat mempengaruhi masa jenis pada air sehingga penangkapan cahaya akan semakin sulit ketika masa jenis air semakin tinggi. Massa jenis air yang lebih tinggi dapat membelokkan cahaya, sehingga cahaya akan terbias dan warna cenderung lebih muda. Nilai TDS yang kecil tidak dapat merubah warna pada air waduk. Hal ini dikarenakan jumlah padatan yang terlarut terlalu sedikit untuk memantulkan cahaya. Jumlah padatan yang terlarut tidak sebanyak jumlah padatan yang tersuspensi, sehingga warna cenderung mengikuti nilai TSS. Nilai TDS terdapat pada Gambar 2.

Nilai TDS pada tabel menunjukkan bahwa perbedaan warna tidak mempengaruhi nilai TDS pada air waduk. Data warna pada tiap titik sampel berbeda-

beda, namun nilai TDS tetap menunjukkan angka 0.1. Nilai TDS pada tiap titik sampel beserta kode warna terdapat pada Tabel 2.

### Analisa Kedalaman

Kedalaman dapat mempengaruhi warna air waduk, pada kedalaman yang tinggi, air akan cenderung lebih gelap, dikarenakan cahaya tidak dapat menembus hingga ke dasar waduk. Warna air akan cerah jika air memiliki kedalaman yang rendah atau dangkal, dikarenakan cahaya dapat tembus hingga ke dasar waduk. Nilai kedalaman Waduk Selorejo terdapat pada Gambar 3.

Bagian hilir merupakan bagian yang terdekat dengan pintu bendungan selorejo. Penggelontoran menyebabkan tingginya tingkat kedalaman pada daerah hilir, yakni mencapai kedalaman hingga 6.8 meter dengan kode warna *hexadecimal* adalah 5f696a, dimana nilai *Red* = 95 *pixel*, *Green* = 105 *pixel*, dan *Blue* = 106 *pixel*. Warna cenderung lebih gelap karena cahaya tidak menembus hingga ke dasar air waduk. Bagian hulu juga memiliki nilai kedalaman yang cukup tinggi, hal ini disebabkan oleh aliran DAS yang masuk memiliki aliran yang tinggi dengan jenis aliran turbulen, nilai kedalaman pada titik 1 bagian hulu yakni 2.5 meter dengan kode warna *hexadecimal* adalah 5c665e yang memiliki nilai *Red* = 92 *pixel*, *Green* = 102 *pixel*, dan *Blue* = 94 *pixel*, warna cenderung lebih lebih cerah dari nilai kedalaman tertinggi, namun pada titik tersebut memiliki nilai TSS yang cukup tinggi yakni 868 mg.L<sup>-1</sup> sehingga walaupun cerah, warna tetap menuju ke arah gelap dikarenakan nilai TSS yang tinggi. Nilai kedalaman beserta kode warna terdapat pada Tabel 3.

### Validasi

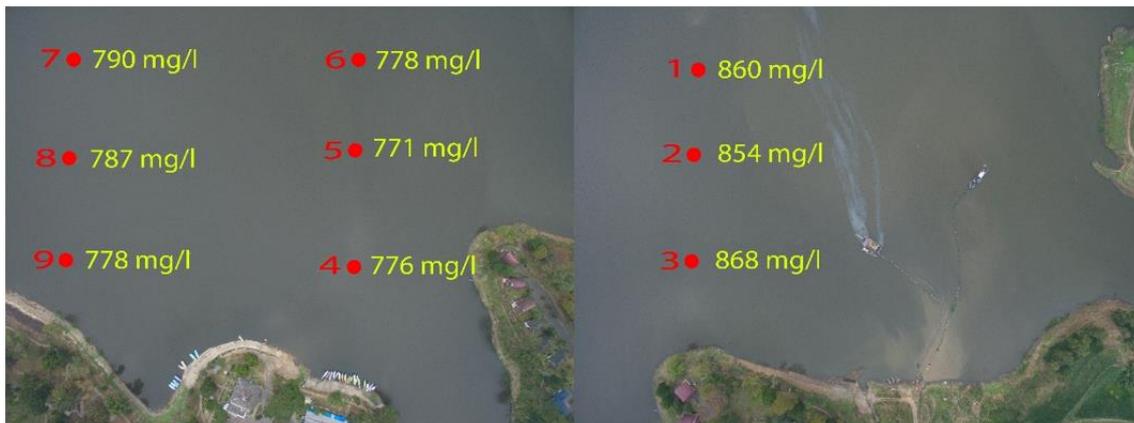
Validasi dibutuhkan untuk menentukan koefisien yang dapat mempengaruhi nilai TSS. Nilai koefisien hanya dapat berlaku pada tiap bagiannya sendiri. Validasi didapatkan dari hitungan pada Persamaan 1. Validasi terdapat pada Tabel 4. Data validasi nilai warna beserta koefisien dapat diketahui bahwa tiap warna memiliki koefisien yang mempengaruhi nilai TSS pada titik masing-masing.

Tabel 1. Kode warna TSS

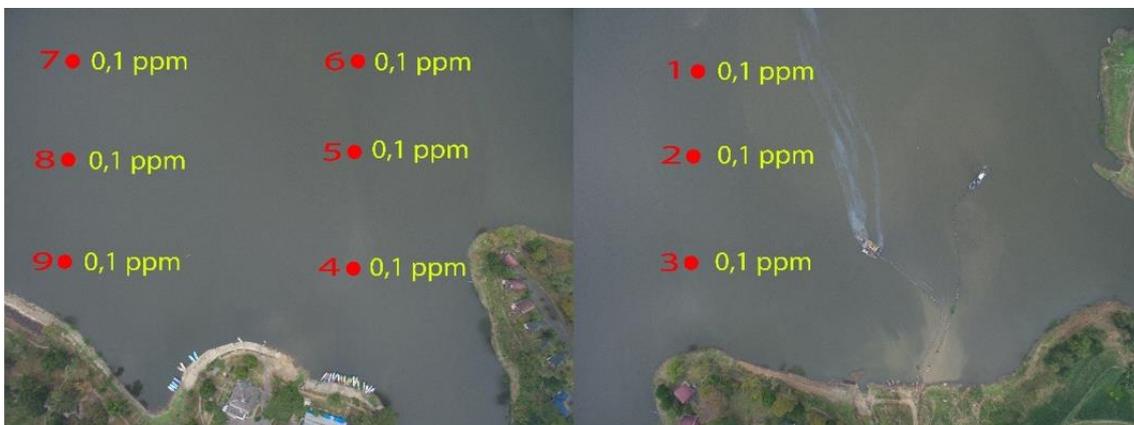
Titik	TSS (mg.L <sup>-1</sup> )	Kode <i>Hexadecimal</i>	<i>Red (Pixel)</i>	<i>Green (Pixel)</i>	<i>Blue (Pixel)</i>
1	860	54605e	84	96	94
2	854	676863	103	104	99
3	868	5c665e	92	102	94
4	776	646f6b	100	111	107
5	771	6e6e6c	110	110	108
6	778	606a62	96	106	98
7	790	5e6869	94	104	105
8	787	5c6165	92	97	101
9	778	5f696a	95	105	106

Tabel 2. Kode warna TDS

Titik	TDS (ppm)	Kode <i>Hexadecimal</i>	<i>Red (Pixel)</i>	<i>Green (Pixel)</i>	<i>Blue (Pixel)</i>
1	0.1	54605e	84	96	94
2	0.1	676863	103	104	99
3	0.1	5c665e	92	102	94
4	0.1	646f6b	100	111	107
5	0.1	6e6e6c	110	110	108
6	0.1	606a62	96	106	98
7	0.1	5e6869	94	104	105
8	0.1	5c6165	92	97	101
9	0.1	5f696a	95	105	106



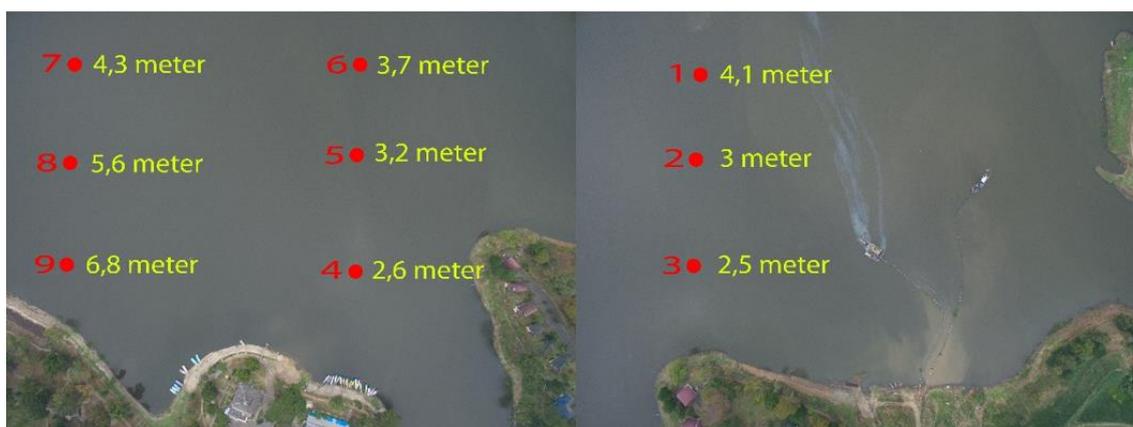
Gambar 1. Data TSS tiap titik sampel



Gambar 2. Data TDS tiap titik sampel

Tabel 3. Kode warna kedalaman

Titik	Kedalaman(m)	Kode Hexadecimal	Red (Pixel)	Green (Pixel)	Blue (Pixel)
1	4.1	54605e	84	96	94
2	3.0	676863	103	104	99
3	2.5	5c665e	92	102	94
4	2.6	646f6b	100	111	107
5	3.2	6e6e6c	110	110	108
6	3.7	606a62	96	106	98
7	4.3	5e6869	94	104	105
8	5.6	5c6165	92	97	101
9	6.8	5f696a	95	105	106



Gambar 3. Data Kedalaman Tiap Titik Sampel

Tabel 4. Tabel Validasi

Bagian	Red (Pixel)	Green (Pixel)	Blue (Pixel)	TSS (mg.L <sup>-1</sup> )	Variabel	Koefisien	h (m)	Fh
Hulu	84	96	94	860	a	-5.209	4.1	0.244
	103	104	99	854	b	8.279	3.0	0.202
	92	102	94	868	c	5.349	2.5	0.867
Tengah	100	111	107	776	a	-0.977	2.6	0.385
	110	110	108	771	b	1.668	3.2	0.270
	96	106	108	778	c	6.435	3.7	-0.011
Hilir	94	104	105	790	a	-177.171	4.3	0.233
	92	97	101	787	b	-101.114	5.6	0.009
	95	105	106	778	c	266.286	6.8	0.005

Koefisien tiap titik tidak dapat mempengaruhi titik lainnya, hal ini disebabkan oleh kondisi tiap titik yang berbeda, seperti letak titik yang menjadi sumber aliran masuk, pengendapan, serta titik air keluar melalui pintu bendungan. Faktor kedalaman tidak begitu mempengaruhi nilai TSS yang ada, dapat dilihat bahwa dengan kedalaman yang berbeda, nilai TSS berbeda.

Tabel validasi (Tabel 4) menunjukkan bahwa faktor kedalaman yang paling tinggi ada pada titik ke 3 bagian hulu, yakni 0.867, dimana nilai tersebut mendekati angka 1,

dan jika semakin mendekati angka 1, maka kedalaman berpengaruh pada kode warna. Nilai faktor kedalaman terendah ada pada titik ke 6 bagian tengah, yakni -0.011. Nilai tersebut menunjukkan nilai yang minus sehingga menjauhi nilai 1, maka kedalaman di titik tersebut tidak mempengaruhi warna.

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa SOP pengambilan sampel gambar dan air pada Waduk Selorejo dilakukan pada waktu yang hampir bersamaan agar terhindar dari perubahan kualitas air. Drone yang

digunakan dianjurkan memiliki GPS, ketinggian 150-255 meter, intensitas cahaya 1000-1800 lux.

Nilai TSS pada bagian tepi waduk lebih tinggi daripada bagian tengah yakni pada bagian hulu dengan nilai 868 mg.L<sup>-1</sup>. Nilai TSS tertinggi (868 mg.L<sup>-1</sup>) memiliki kode warna *hexadecimal* 5f696a, dimana nilai *Red* = 95 *pixel*, *Green* = 105 *pixel*, dan *Blue* = 106 *pixel*. Nilai TSS terendah (771 mg.L<sup>-1</sup>) terjadi pada titik ke 5 bagian tengah dengan kode warna *hexadecimal* adalah 6e6e6c. Warna nilai terendah TSS memiliki warna yang lebih cerah dari nilai tertinggi TSS yang memiliki warna cenderung gelap. Kedalaman tertinggi yakni 6.8 meter dengan kode warna *hexadecimal* adalah 5f696a, dimana nilai *Red* = 95 *pixel*, *Green* = 105 *pixel*, dan *Blue* = 106 *pixel*. Nilai kedalaman terendah pada titik yakni 2.5 meter dengan kode warna *hexadecimal* adalah 5c665e yang memiliki nilai *Red* = 92 *pixel*, *Green* = 102 *pixel*, dan *Blue* = 94 *pixel*. Warna cenderung lebih cerah dari nilai kedalaman tertinggi. Kedalaman tidak dapat dideteksi oleh sensor kamera drone karena kedalaman yang berbeda bisa berada pada derah atau ruang lingkup yang sama, pada perhitungan validasi menunjukkan nilai faktor kedalaman tidak mendekati angka 1 sehingga kedalaman memiliki pengaruh yang sedikit terhadap warna.

Nilai TDS memiliki angka yang kecil, yakni 0.1 ppm. Nilai TDS yang kecil tidak terlalu berpengaruh pada warna air waduk. Parameter TSS memiliki nilai yang signifikan mulai dari 771 mg.L<sup>-1</sup> hingga 868 mg.L<sup>-1</sup>, sehingga dapat mempengaruhi warna air waduk.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, R., & Handoko, R. (2009). *Fisika Kesehatan*. Mitra Cendekia.
- Alaerts, G & Santika, S. S. (1987). *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Kanisius.
- Lillesand, T. M. & Kiefer, R. W. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons.
- Nasution, M. I. (2008). Penentuan Jumlah Amoniak dan Total Padatan Tersuspensi Pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangir.
- Pambuko, D. M., Jondri, J., & Umbara, R. F. (2013). Identifikasi kedalaman laut (bathymetry) berdasarkan warna permukaan laut pada citra satelit menggunakan metode ANFIS. *JMI*, 9(2), 167-178.
- Parwali, E. (2006). Analisis hubungan penutup/penggunaan lahan dengan *total suspended matter (TSM)* Kawasan Perairan Segara Anakan menggunakan data inderaja. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 3(1), 87-97.
- Putra, A. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. ANDI.
- Rahayudi, B. & Marji. (2017). Pemetaan data dan visualisasi kedalaman air padabendunagn / waduk. *JTIK*, 4(2), 111-116
- Risahdi & Pratama, F. F. (2013). *Urgensi Data Kedalaman Perairan Bagi Indonesia*. Universitas Pertahanan Indonesia Jakarta.