

PEMANTAUAN KUALITAS PERAIRAN WADUK KEDUNG OMBO PERIODE 2013-2018 DENGAN CITRA LANDSAT-8 MULTITEMPORAL

Abdi Sukmono¹, Nurhadi Bashit¹, Trevi Austin Rajagukguk¹, Ertha Silalahi¹

¹Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang-50277 Telp./Faks: (024) 76480788,
e-mail: sukmono35@gmail.com

(Diterima 05 Mei 2019, Disetujui 28 Mei 2019)

ABSTRAK

Waduk Kedung Ombo adalah waduk yang terletak di perbatasan tiga kabupaten yaitu Kabupaten Grobongan, Kabupaten Boyolali, dan Kabupaten Sragen tepatnya di Kecamatan Geyer, Kabupaten Grobogan, Jawa tengah. Waduk Kedung Ombo mempunyai peran penting sebagai sumber perairan untuk berbagai keperluan. Namun seiring berjalannya waktu, Waduk Kedung Ombo mengalami penurunan kualitas dikarenakan permasalahan kondisi waduk serta permasalahan kawasan di sekitarnya. Permasalahan utama yang dialami Waduk Kedung Ombo adalah sedimentasi TSS yang tinggi dan berakibat juga adanya pencemaran kesuburan air pada peningkatan klorofil-a. Data Kementerian Lingkungan Hidup (2010) menyatakan bahwa Waduk Kedung Ombo mengalami penyusutan air hingga 42,67% dari volume air normal (723,16 juta m³). Data ini mempertegas Data Kementerian Pekerjaan Umum per Februari 2008 yang menyatakan volume ketersediaan air di Waduk Kedung Ombo hanya setengah dari yang direncanakan. Pemantauan tingkat kualitas perairan Waduk Kedung Ombo saat ini masih dilakukan dengan pengamatan sampel kualitas air secara uji laboratorium pada beberapa stasiun pengamatan. Teknik ini untuk bentangan wilayah yang cukup luas memerlukan waktu dan biaya yang cukup besar. Teknologi penginderaan jauh dapat memberikan solusi untuk pengamatan kualitas air pada bentangan daerah yang luas karena menggunakan citra satelit memiliki cara pemrosesan yang tidak rumit dan biaya yang cukup murah. Teknologi penginderaan jauh dapat mengidentifikasi dan menganalisis hasil perekaman karakteristik spektral air dengan parameter-parameter kualitas air. Dimana dengan menggunakan metode-metode yang tepat nantinya mampu menampilkan kualitas air Waduk Kedung Ombo sesuai dengan yang diharapkan. Salah satu data citra satelit yang mampu dimanfaatkan adalah citra satelit Landsat-8. Pengamatan citra satelit Landsat-8 dengan algoritma TSS dan klorofil-a mampu memberikan informasi tentang perubahan kualitas air. Hasil dari penelitian ini menunjukkan kualitas perairan Waduk Kedung Ombo periode 2013-2018 masih memenuhi baku mutu pencemaran. Ini ditunjukkan dari nilai parameter TSS masih di dominasi kelas memenuhi baku mutu selalu diatas 95% dari total perairan pada semua tahun dan dari parameter klorofil/kesuburan air masih didominasi kelas oligotrof selalu diatas 90 % dari total perairan pada semua tahun.

Kata kunci : Klorofil - a, Kualitas Air, Landsat 8, TSS, Waduk Kedung Ombo

ABSTRACT

Kedung Ombo Dam is a reservoir located on the border of three districts, namely Grobongan Regency, Boyolali Regency, and Sragen Regency, precisely in Geyer District, Grobogan Regency, Central Java. Kedung Ombo Reservoir has an important role as a water source for various purposes. But over time, the Kedung Ombo Dam has decreased in quality due to problems with reservoir conditions and the surrounding area problems. The main problem experienced by Kedung Ombo Reservoir is high TSS sedimentation and consequently there is also water fertility pollution in the increase of chlorophyll-a. Data from the Ministry of Environment (2010) states that the Kedung Ombo Reservoir experienced water depreciation of up to 42.67% of normal water volume (723.16 million m³). This data reinforces the Ministry of Public Works data as of February 2008 which stated that the volume of water availability in the Kedung Ombo Reservoir is only half that planned. Monitoring the level of water quality of the Kedung Ombo Reservoir is currently still carried out by observing water quality samples in laboratory tests on several observation stations. This technique for a wide enough area requires considerable time and cost. Remote sensing technology can provide a solution for observing water quality in a wide area because using satellite imagery has uncomplicated processing methods and is quite inexpensive. Remote sensing technology can identify and analyze the results of recording spectral characteristics of water with water quality parameters. Where using the right methods will be able to display the water quality of the Kedung Ombo Dam as expected. One of the satellite image data that can be utilized is Landsat-8 satellite imagery. Observation of Landsat-8 satellite images with the TSS and chlorophyll-a algorithms can provide information about changes in water quality. The results of

this study indicate the water quality of the Kedung Ombo Reservoir in the period 2013-2018 still meets the pollution quality standards. This is indicated by the value of TSS parameters still dominated by the class meeting the quality standards always above 95% of the total water in all years and from the chlorophyll / water fertility parameters it is still dominated by the oligotrophic class always above 90% of the total waters in all years.

Keywords : *Chlorophyll-a, Water Quality, Landsat-8, TSS, Kedung Ombo Reservoir*

1. PENDAHULUAN

Waduk Kedung Ombo merupakan salah satu perairan di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki luas sekitar 6.576 Ha. Waduk ini mulai beroperasi pada tahun 1991 yang terletak di Kabupaten Grobogan Provinsi Jawa Tengah. Waduk Kedung Ombo dikelilingi oleh 3 kabupaten yaitu Kabupaten Grobogan, Kabupaten Boyolali, dan Kabupaten Sragen. Ketiga Kabupaten tersebut meliputi daerah genangan dan lokasi sekitar genangan selebar 500 m dari garis muka air tertinggi waduk yaitu pada elevasi + 95,00 mdpl (Handono,2006).

Waduk Kedung Ombo mempunyai peran penting sebagai sumber perairan untuk berbagai keperluan. Waduk ini dimanfaatkan masyarakat sekitar sebagai sarana irigasi untuk mengairi pesawahan di sekitar area waduk. Waduk Kedung Ombo mampu mengairi lebih dari 60.000 hektar lahan pertanian di wilayah Kabupaten Grobogan, Kabupaten Demak, Kabupaten Kudus, Kabupaten Pati dan Kabupaten Jepara. Pemenuhan kebutuhan air pada daerah irigasi memperhitungkan pengaruh air yang masuk dari hilir sungai-sungai serta aliran lateral Daerah Tangkapan Air (DTA) di pintu pengatur dari bendung (Wari dan Bimby,2016). Selain itu, Waduk Kedung Ombo juga dimanfaatkan untuk penyedia air baku, pembangkit tenaga listrik, dan sebagai objek pariwisata, perikanan, dengan adanya keramba-keramba dan pemancingan.

Namun seiring berjalannya waktu, Waduk Kedung Ombo mengalami penurunan kualitas air dikarenakan permasalahan kondisi waduk dan permasalahan kawasan di sekitarnya, seperti penurunan jumlah air yang masuk ke dalam waduk, semakin besarnya kisaran debit maksimum dan minimum, yang juga mengindikasikan semakin rusaknya Daerah Aliran Sungai (DAS) Kedung Ombo ((Wari dan Bimby,2016). Salah satu permasalahan yang paling umum adalah pendangkalan yang terjadi di sekitar waduk.

Data Kementerian Lingkungan Hidup (2010) menyatakan bahwa Waduk Kedung Ombo mengalami penyusutan air hingga 42,67% dari volume air normal (723,16 juta m³). Data ini mempertegas Data Kementerian Pekerjaan Umum per Februari 2008 yang menyatakan volume ketersediaan air di Waduk Kedung Ombo hanya setengah dari yang direncanakan. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya deforestasi dan konversi lahan untuk pertanian Daerah Tangkapan Waduk (DTW) yang menyebabkan terjadinya

sedimentasi pada sungai dan waduk yang berasal dari erosi tanah (Miardini dan Benny, 2011). Tingkat sedimentasi yang tinggi pada perairan juga mengakibatkan degradasi kualitas air.

Indrianie (2015) mengungkapkan dalam kesimpulan penelitian yang telah dilakukan pada tahun 2008-2014 dengan metode monitoring secara langsung ke lapangan menunjukkan bahwa kondisi kualitas air di perairan Waduk Kedung Ombo mulai mengalami penurunan dan tercemar ringan (eutrofikasi). Eutrofikasi yang diakibatkan dari adanya berbagai kegiatan membuang limbah yang dihasilkan ke badan perairan diantaranya kegiatan pemukiman dan peternakan. Salah satu parameter untuk menilai kualitas air adalah dengan konsentrasi Klorofil-a yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesuburan air dan konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) yang digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air. Dengan konsentrasi Klorofil-a dan Total Suspended Solid ini akan didapat nantinya informasi mengenai kualitas air di perairan Waduk Kedung Ombo.

Analisis tingkat kualitas perairan Waduk Kedung Ombo saat ini masih dilakukan dengan pengamatan sampel kualitas air secara uji laboratorium pada beberapa stasiun pengamatan. Teknik ini untuk bentangan wilayah yang cukup luas memerlukan waktu dan biaya yang cukup besar. Teknologi penginderaan jauh dapat memberikan solusi untuk pengamatan kualitas air pada bentangan daerah yang luas karena menggunakan citra satelit memiliki cara pemrosesan yang tidak rumit dan biaya yang cukup murah. Teknologi penginderaan jauh dapat mengidentifikasi dan menganalisis hasil perekaman karakteristik spektral air dengan parameter-parameter kualitas air. Dimana dengan menggunakan metode-metode yang tepat nantinya mampu menampilkan kualitas air Waduk Kedung Ombo sesuai dengan yang diharapkan. Kajian oleh Heriza (2017) berhasil memanfaatkan data citra satelit Landsat 8 untuk pemantauan kualitas air di Danau Rawa Pening. Hasil studi yang dilakukan menunjukkan bahwa Landsat 8 mampu memberikan ketelitian yang baik untuk estimasi TSS dan klorofil-a di danau.

Waduk Kedung Ombo sebagai salah satu waduk penyuplai air baku terbesar di Jawa Tengah memerlukan pemantauan kualitas air secara berkelanjutan yang mampu digunakan sebagai peringatan dini terhadap berbagai ancaman bencana pencemaran. Oleh karena itu obyek dalam penelitian ini berusaha menganalisis

perubahan kualitas perairan di waduk Kedung Ombo periode 2013-2018 yang merupakan kelanjutan dari studi sebelumnya. Namun dalam penelitian ini mencoba untuk memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dengan citra satelit Landsat 8 untuk pemantauan perubahan kualitas air di waduk Kedung Ombo. Selain itu, Untuk memastikan hasil yang akurat, dalam penelitian ini perlu dilakukan uji akurasi terhadap hasil pengolahan kualitas air dari citra satelit terhadap data kualitas air secara uji laboratorium.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Perairan Waduk

Kualitas perairan suatu waduk atau danau dapat dilihat dari keadaan fitoplankton yang menunjukkan keberagaman hayati dalam air, klorofil-a yang menunjukkan tingkat kesuburan air dan Total Suspended Solid yang menunjukkan tingkat pencemaran padatan dalam air. Adapun uraiannya sebagai berikut:

a) *Fitoplankton*

Fitoplankton merupakan komponen yang memiliki peranan penting dalam suatu ekosistem perairan dan perikanan, karena sebagai mata rantai makanan pertama untuk menunjang kehidupan biota di dalam perairan tersebut. Menurut Nontji (2006) dalam Taufiq (2014), fitoplankton merupakan tumbuhan yang seringkali ditemukan di seluruh massa air pada zona eufotik, berukuran mikroskopis dan memiliki klorofil sehingga mampu membentuk zat organik dari zat non-organik melalui fotosintesis. Menurut Lancar dan Krake (2002) dalam Taufiq (2014), kelimpahan fitoplankton dapat mengasimilasi sebagian besar zat hara dari perairan.

b) *Klorofil-a*

Klorofil merupakan zat hijau daun pada organisme autotrof yang berfungsi dalam menangkap energi matahari untuk mensintesis karbohidrat dan oksigen dari CO₂ dan H₂O. Oleh karena itu kandungan klorofil memiliki fungsi yang sangat penting dalam menentukan laju fotosintesis pada tumbuhan foto autotrof. Klorofil dapat dibedakan menjadi klorofil-a dan klorofil-b. Klorofil-a terdapat pada semua organisme autotrof serta berperan langsung dalam reaksi terang fotosintesis dan efektif dalam menyerap cahaya biru violet dan merah, sedangkan klorofil-b tidak berperan secara langsung dalam reaksi terang dan efektif hanya menyerap cahaya biru dan orange, dan memantulkan cahaya kuning-hijau (Orba, 2011).

c) *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid atau padatan tersuspensi total (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 µm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Konsentrasi TSS dalam perairan umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, limbah manusia, limbah hewan, lumpur, sisa tanaman dan hewan, serta limbah industri. Bahan-bahan yang tersuspensi di perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika jumlahnya berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air (Effendi, 2000 dalam Bachtiar, 2016).

2.2 Status Trofik Perairan

Eutrofikasi adalah proses pengkayaan perairan, terutama oleh Nitrogen dan Fosfor, tetapi juga elemen lainnya seperti silikom, potssium, calcium dan mangaan yang menyebabkan pertumbuhan air yang dikenal dengan istilah blooming (Welch & Lindell, 1992 dalam Bachtiar, 2016).

Status trofik perairan dapat diindikasikan oleh produktivitas primer perairan yang berhubungan sangat erat dengan kandungan klorofil fitoplankton. Semakin tinggi pasokan nutrien ke perairan akan meningkatkan produktivitas primernya. Besarnya produktivitas primer fitoplankton merupakan ukuran kualitas satu perairan. Ketepatan penentuan besarnya kandungan produktivitas primer fitoplankton suatu perairan sangat berguna dalam menentukan tingkat kesuburan dan kelayakan suatu perairan mendukung kehidupan organisme di perairan itu sendiri (Tri, 2010).

Eutrofikasi diklasifikasikan menjadi empat kategori status trofik (Per MNLH Nomor 28 Tahun 2009), yaitu :

- a. *Oligotrof*, adalah status trofik air danau yang mengandung unsur hara dalam kadar rendah, status ini menunjukkan kualitas air masih bersifat alamiah belum tercemar dari sumber unsur hara N dan P. Nilai klorofil a < 0,95 dan 0,95-2,6 (µg/l).
- b. *Mesotrof*, adalah status trofik air danau yang mengandung unsur hara dalam kadar sedang, status ini menunjukkan adanya peningkatan kadar N dan P, namun masih dalam batas toleransi karena belum menunjukkan adanya indikasi pencemaran air. Nilai klorofil a sebesar 2,6-7,3 (µg/l).

- c. *Eutrofik*, adalah status trofik air danau yang mengandung unsur hara dalam kadar tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar oleh peningkatan kadar N dan P. Nilai klorofil a sebesar 7,3-56 ($\mu\text{g/l}$).
- d. *Hipereutrofik*, adalah status trofik air danau yang mengandung unsur hara dengan kadar sangat tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar berat oleh peningkatan kadar N dan P. Nilai klorofil a > 56 ($\mu\text{g/l}$).

2.3 Penentuan Indeks Pencemaran

Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran (IP) memberi masukan pada pengambilan keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan serta melakukan tindakan untuk memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan kualitas akibat kehadiran senyawa pencemar. Indeks Pencemaran mencakup berbagai kelompok parameter kualitas yang independent dan bermakna (KMNLH No.115 Tahun 2003).

Hasil pengolahan data citra dan Total Suspendes Solid (TSS) dan hasil uji laboratorium selanjutnya dilakukan perhitungan dengan indeks pencemaran sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115 Tahun 2003 tentang Status Mutu Air sebagai pembanding dengan buku mutu untuk mengerahui tingkat pencemaran di lokasi titik sampling tersebut. Rumus untuk perhitungan indeks pencemaran sebagai berikut :

$$PI = Ci / Lij \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

Ci : konsentrasi parameter kualitas air yang diperoleh dari hasil uji laboratorium (TSS)

Lij : konsentrasi parameter kualitas air yang dicatumkan dalam Baku Mutu Peruntukan Air.

Valuasi terhadap nilai PI adalah:

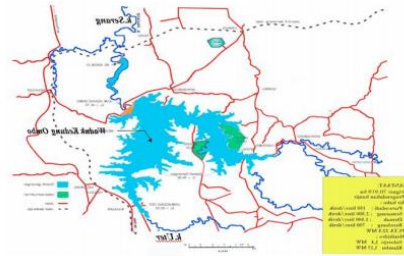
$0 \leq PI \leq 1,0$: memenuhi baku mutu (kondisi baik).
$1,0 < PI \leq 5,0$: tercemar ringan.
$5,0 < PI \leq 10$: tercemar sedang.
$PI > 10$: tercemar berat.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Lokasi Penelitian tugas akhir ini mengambil daerah studi di Waduk Kedung Ombo Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Waduk Kedung Ombo adalah waduk yang terletak di perbatasan tiga kabupaten yaitu Kabupaten Grobogan, Kabupaten Boyolali, dan Kabupaten Sragen tepatnya di Kecamatan Geyer, Kabupaten

Grobogan, Jawa tengah. Waduk Kedung Ombo sendiri dibangun pada tahun 1985 hingga tahun 1989, namun baru diresmikan pada tanggal 18 Mei 1991. Waduk Kedung Ombo memiliki 2 daerah aliran sungai yang cukup besar yaitu Sungai Uter dan Sungai Serang serta memiliki fungsi sebagai penyedia air bagi kebutuhan irigasi dan air baku, penghasil tenaga listrik (PLTA) (Wari dan Bimby, 2016). Selain itu waduk kedung ombo juga dimanfaatkan sebagai objek pariwisata, perikanan, dengan adanya keramba-keramba dan pemancingan.



Gambar 1. Peta Waduk Kedung Ombo dan DAS Kali Serang dan Kali Uter (Wari dan Bimby,2016)

3.2 Metodologi

Pada penelitian ini, perhitungan parameter kualitas air yang terdiri dari klorofil-a dan TSS dihitung menggunakan data Citra Satelit Landsat 8. Hasil perhitungan menggunakan data citra ini memberikan nilai parameter klorofil-a dan TSS secara spasial. Selain itu metode pemantauan yang dilakukan adalah mengamati perkembangan parameter klorofil-a dan TSS secara multitemporal tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018.

3.2.1 Algoritma Perhitungan Klorofil-a Dengan Citra Landsat-8

Untuk menentukan konsentrasi Klorofil-a pada citra yang akan digunakan pada daerah yang diteliti maka dilakukan perhitungan konsentrasi klorofil-a dengan menggunakan beberapa algoritma dimana penelitian dilakukan di Waduk Kedung Ombo ini menggunakan algoritma Nuriya (2010). Adapun algoritma yang dipakai untuk pengolahan konsentrasi klorofil-a adalah sebagai berikut:

$$Chl = 0,2818 \times \left(\frac{B5+B6}{B4} \right)^{3,497} \dots(2)$$

Keterangan :

B4 = reflektansi band 4

B5 = reflektansi band 5

B6 = reflektansi band 6

3.2.2 Algoritma Perhitungan TSS Dengan Citra Landsat-8

Pada Penelitian ini untuk menghitung TSS dengan data citra Landsat-8 digunakan algoritma

Syarief Budiman. Algoritma ini dikembangkan di wilayah perairan Delta Mahakam dengan metode yang dikembangkan *bio optical modelling* untuk menganalisis suatu distribusi dan materi yang tersuspensi teknologi penginderaan jauh.

$$TSS (mg/L) = ((8.1429 * (\exp(23.704 * 0.94 * Red Band)) \dots \dots \dots (3)$$

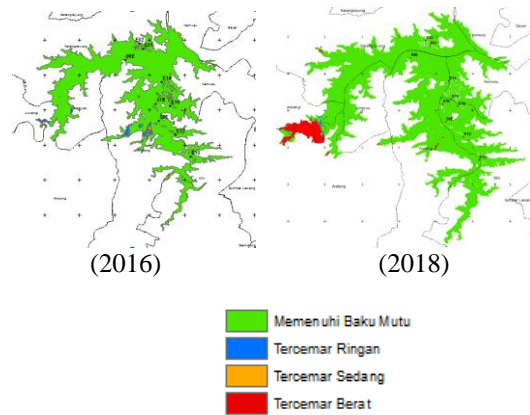
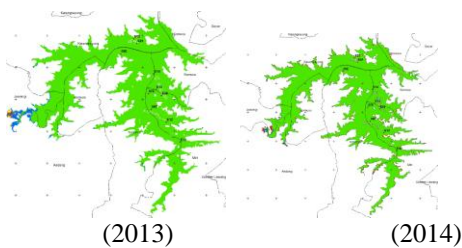
Keterangan :
 Red Band = reflektansi band 4
 exp = eksponen (pangkat)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Distribusi Pencemaran Air Multitemporal

Dari hasil pengolahan nilai TSS dengan menggunakan algoritma Syarif Budhiman (2004) serta mengklasifikasikannya berdasarkan indeks pencemaran maka diperoleh hasil distribusi pencemaran air secara multitemporal pada tahun 2013, 2014 dan 2018. Setelah nilai *Total Suspended Solid* (TSS) diperoleh dengan menggunakan algoritma Syarif Budhiman (2004) selanjutnya dilakukan proses klasifikasi nilai konsentrasi TSS terhadap nilai indeks pencemaran yang sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115 Tahun 2003 tentang Status Mutu Air.

Salah satu parameter untuk menentukan tingkat pencemaran air di suatu wilayah perairan ialah TSS, yang mana mempengaruhi masuknya cahaya matahari ke dalam perairan sehingga menjadikan TSS menjadi salah satu faktor yang digunakan dalam penentuan pencemaran air. Dalam penentuan pencemaran air terdapat baku mutu air dan dalam penelitian ini baku mutu air untuk TSS yang digunakan ialah baku mutu untuk limbah domestik termasuk limbah pertanian dan perikanan yang berdasarkan Peraturan Daerah Provisi Jawa Tengah No.5 tahun 2012 tentang baku mutu air dikarenakan daerah penelitian disekitar Waduk Kedung Ombo berlokasi dektar dengan daerah pertanian. Selanjutnya ini menjadi dasar untuk pengklasifikasian berdasarkan indeks pencemaran. Adapun hasil dari pengolahan nilai pencemaran air secara multitemporal dengan parameter TSS ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 2. Pencemaran air Waduk Kedung Ombo Multitemporal

Secara luasan nilai klasifikasi pencemaran dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Luas Daerah Pencemaran Air Tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018

Kelas	Nilai (mg/l)	Luas (ha) 2013	Luas (ha) 2014	Luas (ha) 2016	Luas (ha) 2018
Memenuhi Baku Mutu	$0 < PI \leq 1$	4118,4	3688,74	3025,71	4419,09
Tercemar Ringan	$1 < PI \leq 5$	98,10	49,50	93,33	28,8
Tercemar Sedang	$5 < PI \leq 10$	11,70	13,59	17,01	5,58
Tercemar Berat	$PI > 10$	4,5	63,36	10,44	179,46

Dari Tabel 1, kita dapat melihat bahwa pada tahun 2013 luas sebaran daerah memenuhi baku mutu (belum tercemar) sebesar 4118,40 ha, tercemar ringan tersebar di wilayah perairan sebesar 98,10 ha dan tercemar sedang tersebar sebesar 11,70 ha. Sedangkan tercemar berat seluas 4,50 ha menyebar di wilayah perairan waduk penelitian. Pada tahun 2014 sebaran daerah memenuhi baku mutu (belum tercemar) sebesar 3688,74 ha, tercemar ringan tersebar di wilayah perairan sebesar 49,50 ha dan tercemar sedang tersebar sebesar 13,59 ha. Sedangkan tercemar berat seluas 63,36 ha menyebar di wilayah perairan waduk penelitian. Pada tahun 2016 sebaran daerah memenuhi baku mutu (belum tercemar) sebesar 3025,71 ha, tercemar ringan tersebar di wilayah perairan sebesar

93,33 ha dan tercemar sedang tersebar sebesar 17,01ha. Sedangkan tercemar berat seluas 10,44 ha menyebar di wilayah perairan waduk penelitian. Pada tahun 2018 sebaran daerah memenuhi baku mutu (belum tercemar) sebesar 4419,09 ha, tercemar ringan tersebar di wilayah perairan sebesar 28,80 ha dan tercemar sedang tersebar sebesar 5,58 ha. Sedangkan tercemar berat seluas 179,46 ha menyebar di wilayah perairan waduk penelitian. Dari data diatas kita dapat melihat bahwa dalam selang waktu 2013 sampai 2014 terjadi pengurangan luas daerah memenuhi baku mutu (belum tercemar) sebesar 429,66 ha, luas daerah tercemar ringan berkurang sebesar 48,60 ha dan luas daerah tercemar sedang bertambah sebesar 1,89 ha, serta luas daerah tercemar berat bertambah sebesar 58,86 ha. Pada selang waktu 2014 sampai 2016 terjadi pengurangan luas daerah memenuhi baku mutu (belum tercemar) sebesar 663,03 ha, luas daerah tercemar ringan bertambah sebesar 43,83 ha dan luas daerah tercemar sedang bertambah sebesar 3,42 ha serta luas daerah tercemar berat berkurang sebesar 52,92 ha. Sedangkan pada selang waktu 2016 sampai 2018 terjadi penambahan luas daerah memenuhi baku mutu (belum tercemar) sebesar 1393,38 ha, luas daerah tercemar ringan berkurang sebesar 64,53 ha dan luas daerah tercemar sedang berkurang sebesar 11,43 ha serta luas daerah tercemar berat bertambah sebesar 169,02 ha.

Pada selang waktu 2013 sampai 2014 terjadi pengurangan luasan pada daerah memenuhi baku mutu (belum tercemar) dan tercemar ringan yang disebabkan karena penyusutan wilayah perairan waduk akibat peralihan musim hujan ke musim kemarau sehingga turunnya jumlah pasokan air yang masuk ke dalam waduk sedangkan tercemar sedang dan berat mengalami penambahan luas. Dimana pola distribusi pencemaran memenuhi baku mutu tahun 2013 sampai tahun 2014 dapat dilihat tersebar mendominasi seluruh wilayah perairan waduk sedangkan tercemar sedang dan berat yang awalnya hanya tersebar di tepian waduk sebelah barat menjadi tersebar di bagian keseluruhan tepian waduk. Hal ini dikarena pada bagian keseluruhan tepian waduk terdapat daerah muara anakan sungai yang membawa material-material sewaktu musim hujan yang kemudian mengendap. Sedangkan pada tepian perairan waduk sebelah barat terjadi peningkatan TSS dikarenakan merupakan tempat pertemuan tiga sungai yang menjadi satu dinamakan Sungai Kali Serang yang berfungsi sebagai *inflow* membawa material-material yang menyebabkan konsentrasi TSS lebih tinggi.

Pada selang waktu 2014 sampai 2016 terjadi pengurangan daerah memenuhi baku mutu yang diakibatkan dampak dari fenomena *el nino* yang

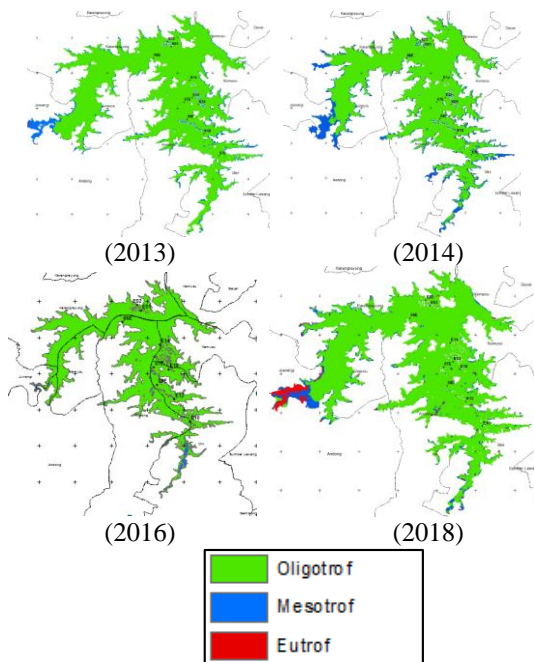
tinggi dimana kekeringan yang cukup panjang melingkupi hampir seluruh wilayah Indonesia sehingga perairan waduk mengalami penyusutan dari tahun sebelumnya. Pada daerah tercemar ringan dan sedang mengalami penambahan di seluruh tepian perairan waduk sedangkan tercemar berat mengalami pengurangan. Hal ini diakibatkan karena fenomena *el nino* dimana kemarau yang terjadi menyebabkan tercemar berat berkurang serta tercemar ringan dan sedang mengalami penambahan luas. Dimana pola distribusi pencemaran memenuhi baku mutu tahun 2014 sampai tahun 2016 tersebar mendominasi wilayah perairan waduk sedangkan tercemar berat berkurang di tepian keseluruhan waduk. Tercemar ringan dan sedang mengalami penambahan luas pada keseluruhan tepian perairan waduk.

Pada tahun 2016 sampai 2018 terjadi penambahan daerah memenuhi baku mutu yang diakibat karena musim hujan yang terjadi sehingga pasokan air ke dalam waduk mengalami kenaikan. Pada daerah tercemar ringan dan sedang mengalami penurunan di seluruh tepian perairan waduk sedangkan tercemar berat mengalami penambahan luas. Hal ini diakibatkan karena pada tepian barat waduk terdapat Sungai Kali Serang sebagai sumber utama pemasukkan air dan pada tepi keseluruhan waduk terdapat daerah muara anakan sungai yang membawa material-material yang menyebabkan konsentrasi TSS meningkat. Dimana pola distribusi pencemaran memenuhi baku mutu tahun 2016 sampai tahun 2018 tersebar mendominasi wilayah perairan waduk, tercemar ringan dan sedang mengalami pengurangan keseluruhan tepian perairan waduk sedangkan tercemar berat mengalami penambahan di keseluruhan tepian waduk terutama tepian sebelah barat waduk.

Untuk luasan perairan waduk selang waktu 2013 sampai 2014 terjadi pengurangan luasan wilayah perairan dikarenakan jumlah pemasukkan air (*inflow*) berkurang dari tahun sebelumnya yang diakibatkan karena terjadinya musim kemarau sepanjang awal tahun 2014. Pada tahun 2016 luasan perairan waduk juga mengalami penurunan karena pengaruh fenomena *el nino* dan pada tahun 2018 mengalami kenaikan karena jumlah pemasukkan air (*inflow*) meningkat akibat pengaruh faktor musim hujan yang terjadi sepanjang akhir tahun 2017 sampai awal tahun 2018. Secara keseluruhan pencemaran nilai parameter TSS masih di dominasi kelas memenuhi baku mutu selalu diatas 95% dari total perairan pada semua tahun

4.2 Distribusi Nilai Kesuburan Air Multitemporal

Hasil pengolahan citra satelit menggunakan algoritma Wibowo (1994) untuk menentukan kandungan klorofil-a diklasifikasikan berdasarkan pada PerMNLH Nomor 28 tahun 2009 dan Carlson & Simpson (1996) mengenai kriteria status trofik perairan. Ketepatan penentuan besarnya kandungan fitoplankton suatu perairan sangat berguna dalam menentukan tingkat kesuburan atau kelayakan suatu perairan. Hasil pengolahan kesuburan air multitemporal berdasarkan parameter klorofil-a ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kesuburan air Waduk Kedung Ombo Multitemporal

Secara luasan nilai klasifikasi kesuburan air dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Luas Daerah Kesuburan Air Tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018

Kelas	Nilai (mg/l)	Luas (ha) 2013	Luas (ha) 2014	Luas (ha) 2016	Luas (ha) 2018
<i>Oligotrof</i>	<2,6	3865,05	3178,71	2953,53	4187,79
<i>Mesotrof</i>	2,6 – 7,3	365,58	603,90	165,69	329,67
<i>Eutrof</i>	7,3 – 56	2,07	32,58	27,27	115,47
<i>Hipereutrof</i>	>56	0	0	0	0

Dari Tabel 2, kita dapat melihat bahwa pada tahun 2013 luas sebaran daerah *oligotrof* sebesar 3865,05 ha, *mesotrof* tersebar di wilayah perairan sebesar 365,58 ha dan *eutrof* tersebar sebesar 2,07

ha. Pada tahun 2014 sebaran daerah *oligotrof* sebesar 3178,71 ha, *mesotrof* tersebar di wilayah perairan sebesar 603,9 ha dan *eutrof* tersebar sebesar 32,58 ha. Pada tahun 2016 sebaran daerah *oligotrof* sebesar 2953,53 ha, *mesotrof* tersebar di wilayah perairan sebesar 165,69 ha dan *eutrof* tersebar sebesar 27,27 ha. Pada tahun 2018 sebaran daerah *oligotrof* sebesar 4187,79 ha, *mesotrof* tersebar di wilayah perairan sebesar 329,67 ha dan *eutrof* tersebar sebesar 115,47 ha. Dari data diatas kita dapat melihat bahwa dalam selang waktu 2013 sampai 2014 terjadi pengurangan luas daerah *oligotrof* sebesar 686,34 ha, luas daerah *mesotrof* bertambah sebesar 238,32 ha dan luas daerah *eutrof* bertambah sebesar 30,51 ha. Pada selang waktu 2014 sampai 2016 terjadi pengurangan luas daerah *oligotrof* sebesar 225,18 ha, luas daerah *mesotrof* berkurang sebesar 438,21 ha dan luas daerah *eutrof* berkurang sebesar 5,31 ha. Sedangkan pada selang waktu 2016 sampai 2018 terjadi penambahan luas daerah *oligotrof* sebesar 1234,26 ha, luas daerah *mesotrof* bertambah sebesar 163,98 ha dan luas daerah *eutrof* bertambah sebesar 88,2 ha.

Pada selang waktu 2013 sampai 2014 terjadi pengurangan luasan pada daerah *oligotrof* karena penyusutan wilayah perairan waduk akibat musim kemarau sehingga turunnya jumlah pasokan air yang masuk ke dalam waduk. Dimana pola distribusi status trofik air *oligotrof* tahun 2013 sampai tahun 2014 dapat dilihat tersebar mendominasi wilayah perairan waduk. Untuk *mesotrof* dan *eutrof* mengalami penambahan luasan disebabkan dampak dari peralihan musim hujan ke musim kemarau sehingga mengendap material-material pada daerah muara anak-anak sungai diseluruh tepian perairan waduk yang dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang. Pola distribusi *mesotrof* dan *eutrof* semakin banyak tersebar pada diseluruh tepian perairan waduk.

Pada selang waktu 2014 sampai 2016 terjadi pengurangan daerah *oligotrof* yang diakibatkan karena dampak peralihan dari *El Nino* ke *La Nina* yang terjadi sehingga perairan waduk mengalami penyusutan dari tahun sebelumnya. Dimana pola distribusi status trofik air *oligotrof* tahun 2014 sampai tahun 2016 dapat dilihat tersebar mendominasi wilayah perairan waduk. Untuk *mesotrof* dan *eutrof* juga mengalami pengurangan luas. Hal ini diakibatkan karena peralihan dari *El Nino* ke *La Nina* dimana kemarau yang terjadi menyebabkan keringnya sungai dan anak-anak sungai sehingga rendahnya kandungan klorofil-a. Pola distribusi status trofik *mesotrof* dan *eutrof* berkurang diseluruh tepian perairan waduk.

Pada selang waktu 2016 sampai 2018 terjadi penambahan luas daerah *oligotrof* yang

diakibatkan karena musim hujan yang terjadi sepanjang akhir tahun 2017 sampai awal tahun 2018. Dimana pola distribusi status trofik air *oligotrof* tahun 2016 sampai tahun 2018 dapat dilihat tersebar mendominasi wilayah perairan waduk. Untuk *mesotrof* dan *eutrof* juga mengalami penambahan luas. Hal ini diakibatkan karena Sungai Kali Serang yang berada ditepian sebelah barat perairan dan anakan sungai yang terdapat pada keseluruhan tepian membawa material-material yang diakibatkan musim hujan mengendap sehingga menyebabkan kandungan klorofil-a meningkat. Secara keseluruhan kesuburan air dari nilai parameter klorofil-a masih di dominasi kelas oligotrof yang selalu diatas 90% dari total perairan pada semua tahun

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan Berdasarkan hasil analisis klasifikasi pencemaran air, menunjukkan kualitas perairan Waduk Kedung Ombo berada dalam memenuhi baku mutu (belum tercemar) karena mendominasi wilayah perairan dari tahun 2013 sampai 2018. Namun berdasarkan rentang nilai konsentrasi setiap kelas pencemaran dapat dilihat konsentrasi TSS tertinggi dimana tahun 2013 dengan rentang 0 – 100 mg/l, tahun 2014 dengan rentang 100 – 500 mg/l, tahun 2016 dan 2018 memiliki rentang yang sama sebesar >1000 mg/l. Konsentrasi TSS tertinggi dari tahun 2013 sampai 2016 mengalami kenaikan dan pada tahun 2018 berada pada rentang yang sama seperti tahun sebelumnya. Sedangkan berdasarkan hasil analisis klasifikasi kesuburan air menunjukkan kualitas perairan Waduk Kedung Ombo dari tahun 2013 sampai 2018 berada dalam status trofik oligotrof karena selalu mendominasi wilayah perairan setiap tahunnya. Namun berdasarkan rentang nilai kandungan klorofil-a setiap status trofik, dapat dilihat bahwa kandungan klorofil-a tertinggi dari tahun 2013 sampai 2016 berada pada rentang 2,6 – 7,3 mg/l dan tahun 2018 berada pada rentang 7,3 – 56 mg/l. Kandungan klorofil-a dari tahun 2013 sampai 2018 berada pada rentang yang sama dan pada tahun 2018 mengalami kenaikan. kualitas perairan Waduk Kedung Ombo periode 2013-2018 masih memenuhi baku mutu pencemaran. Ini ditunjukkan dari nilai parameter TSS masih di dominasi kelas memenuhi baku mutu selalu diatas 95% dari total perairan pada semua tahun dan dari parameter klorofil/kesuburan air masih didominasi kelas oligotrof selalu diatas 90 % dari total perairan pada semua tahun.

DAFTAR PUSTAKA

Bachtiar, Aditya Hafidz. 2016. Analisis Kesuburan dan Pencemaran Air Berdasarkan Kandungan Klorofil-A dan Konsentrasi TSS secara Multi Temporal di Muara Banjir Kanal Timur. Skripsi

Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Hardono, Suryo. 2006 . Tata Guna Lahan Waduk Kedung Ombo. Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik UTP Surakarta Vol No 2 hal 23-30.

Heriza, Dewinta. 2017. Analisis Pemantauan TSS di Danau Rawa Pening Dengan Citra Landsat-8 Multitemporal. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

Indrianie, Imbar. 2015. Kajian Pengaruh Keramba Jaring Apung Terhadap Kualitas Air Waduk Kedungombo. Tesis Magister Teknik Sipil UGM Yogyakarta.

Miardini, Arina dan Beny, Harjadi. 2011. Aplikasi Penginderaan Jauh dan SIG dalam Penilaian Potensi Erosi Permukaan secara Kualitatif di Daerah Tangkapan Waduk Kedung Ombo. Solo: Balai Penelitian Kehutanan Solo.

Orba, Trinanda. 2011. Studi Korelasi Kegiatan Budidaya Ikan Keramba Jaring Apung Dengan Pengayaan Nutrien (Nitrat Dan Fosfat) Dan Klorofil-A Di Perairan Danau Toba. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.

Pembayun, Nugra Putra. 2015. Analisis Pengaruh Budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) dan Tutupa Lahan Terhadap Total Suspended Solid (TSS) Di Perairan Waduk Jatiluhur Menggunakan Metode Penginderaan Jauh. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 28 tahun 2009 tentang Daya tampung beban Pencemaran Air Danau dan atau Waduk.

Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Wari, Anggita Inges dan Bimby, Octavia Kurniasari. 2016. Kajian Pengaruh Sedimentasi Pada Kinerja Pengoperasian Waduk Kedung Ombo. Jurnal Karya Teknik Sipil Universitas Diponegoro, 5(1).