

IDENTIFIKASI STATUS TROFIK PERAIRAN MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH CITRA LANDSAT-8 OLI (*OPERATIONAL LAND IMAGER*) DI WADUK SUTAMI (KARANGKATES) JAWA TIMUR

Tedy Priadi
tedy.priadi@mail.ugm.ac.id

Sudaryatno
sudaryatno@ugm.ac.id

Abstract

Reservoir water quality is very important to be monitored due to the potential loss of quality reservoirs such as eutrophication, which is characterized by the increasing of trophic status. This research aimed to test the ability of Landsat-8 OLI for identify trophic status of Sutami reservoir, and examine the relationship between trophic status parameters. To identify the trophic status of water body known as index called Carlson trophic state index, which is derived from the 3 parameters, concentration of chlorophyll -a, secchi disk transparency, and total phosphorus. The existence of trophic status parameters that have optical character gives the opportunity to study with remote sensing approach. Based on the results of the regression between the band ratio Landsat - 8 OLI and field measurements data, resulting a good statistical relationship (based on the value of R^2). Band ratio of channel 2, 3 and 4 of Landsat-8 OLI has a very good relationship with the concentration of chlorophyll-a ($R^2 = 0,774$), and total phosphorus ($R^2 = 0,646$). While the ratio band channels 2 and 4 have a pretty good relationship with secchi disk transparency ($R^2 = 0,554$). Statistical analysis showed that the Landsat-8 OLI is good enough to estimate the condition of each trophic status parameters.

Keywords: *Sutami reservoirs, Eutrophication, Landsat-8 OLI, Band Ratio, Remote Sensing*

Intisari

Kualitas air waduk merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan monitoring karena adanya potensi penurunan kualitas waduk seperti eutrofikasi, yang ditandai dengan meningkatnya status trofik. Penelitian ini bertujuan menguji kemampuan Citra Landsat-8 OLI untuk mengidentifikasi status trofik waduk sutami, serta menguji hubungan antar parameter status trofik. Dalam mengidentifikasi status trofik perairan dikenal suatu indeks yaitu indeks status trofik Carlson yang diperoleh dari 3 parameter yaitu konsentrasi klorofil-a, transparansi *secchi disk*, dan total fosfor. Adanya parameter status trofik yang memiliki karakter optik memberikan peluang untuk dikaji dengan pendekatan penginderaan jauh. Berdasarkan hasil regresi antara band ratio Landsat-8 OLI dengan data pengukuran lapangan, diperoleh hubungan statistik yang baik (berdasarkan nilai R^2). Band ratio saluran 2,3 dan 4 dari Landsat-8 OLI memiliki nilai hubungan yang sangat baik dengan konsentrasi klorofil-a ($R^2 = 0,774$), dan total fosfor ($R^2 = 0,646$). Sedangkan band ratio saluran 2 dan 4 memiliki hubungan yang cukup baik dengan transparansi *secchi disk* ($R^2 = 0,554$). Hasil dari analisis statistik menunjukkan bahwa Landsat-8 OLI cukup baik untuk mengestimasi kondisi dari masing-masing parameter status trofik.

Kata Kunci : Waduk Sutami, Eutrofikasi, Landsat-8 OLI, Band Ratio, Penginderaan Jauh

PENDAHULUAN

Kualitas air waduk merupakan salah satu hal yang sangat penting untuk dimonitoring secara berkala. Hal ini dikarenakan tingkat pemanfaatan yang tinggi untuk berbagai kepentingan manusia, juga karena degradasi lingkungan yang terjadi. Pencemaran pada perairan waduk yang dimanfaatkan secara langsung oleh manusia dapat mengakibatkan dampak yang juga berimbas pada manusia yang memanfaatkan air tersebut. Salah satu bentuk penurunan kualitas waduk dan danau yang sering dijumpai yaitu eutrofikasi. Klapper (1991) mendefinisikan eutrofikasi sendiri sebagai proses peningkatan input nutrisi pada perairan yang disebabkan oleh alam (natural) maupun oleh aktivitas manusia (antropogenik). Peningkatan nutrisi yang bervariasi membuat suatu perairan dapat dikelaskan berdasarkan tingkat status trofiknya mulai dari oligotrofik hingga status hipertrofik. Eutrofikasi merupakan suatu proses yang berlangsung dalam kurun waktu geologi, namun dengan peningkatan aktifitas manusia dapat mempercepat prosesnya dalam tempo yang relatif singkat. Perairan trofik dicirikan sebagai perairan yang kaya akan nutrisi dan ditumbuhi alga (ganggang), sementara perairan oligotrofik merupakan perairan dengan kondisi air yang sangat jernih yang memiliki kandungan nutrisi rendah namun mengandung oksigen terlarut yang tinggi. Lillesand dan Kieffer (1979).

Waduk Sutami atau Karangates merupakan salah satu waduk dengan ukuran yang relatif kecil, namun banyak dimanfaatkan untuk beberapa bidang, seperti irigasi, pembangkit listrik, sumber PDAM, perikanan, dan pertanian. Perikanan yang dominan dilakukan di area Waduk Sutami adalah keramba apung dimana terdapat jaringan yang mengapung di perairan sebagai media untuk budidaya ikan. Penurunan kualitas air waduk telah terbukti pada tahun 2002 dengan peristiwa ledakan populasi alga yang menyebabkan kualitas air menurun hingga batas berbahaya. Pada kondisi tersebut ribuan ikan mati karena deplesi (penurunan) oksigen terlarut, serta menimbulkan bau yang sangat menyengat. Dengan adanya potensi

tersebut maka perlu dilakukan pemantauan status trofik waduk secara berkala agar tidak menimbulkan kerugian yang lebih besar.

Dalam mengidentifikasi status trofik suatu perairan dikenal suatu indeks yang banyak dijadikan patokan yaitu indeks trofik Carlson (1977). Indeks status trofik Carlson (CTSI) diperoleh dari 3 parameter perairan yaitu konsentrasi klorofil-a (CHL), transparansi melalui *secchi disk* (*Secchi Disk Transparency* / SDT), serta total kandungan fosfor (*Total Phosphorus* / TP). Nilai dari masing-masing parameter dikonversi menjadi indeks, dimana CTSI merupakan rerata dari ketiga indeks tersebut. Konversi dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$TSI(SDT) = 60 - 14.41 \ln(SDT) \quad (1)$$

$$TSI(CHL) = 9.81 \ln(CHL) + 30.6 \quad (2)$$

$$TSI(TP) = 14.42 \ln(TP) + 4.15 \quad (3)$$

$$CTSI = \frac{TSI(SDT) + TSI(CHL) + TSI(TP)}{3} \quad (4)$$

Prasad & Siddaraju (2012)

Sensor penginderaan jauh yang kini berkembang telah mampu merekam beberapa rentang spektrum cahaya sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi beberapa karakteristik obyek termasuk beberapa parameter optik untuk identifikasi pencemaran air. Landsat-8 OLI memiliki kemiripan dengan generasi sebelumnya dalam hal panjang gelombang tiap saluran yang dapat dimanfaatkan untuk identifikasi parameter optis perairan, seperti gelombang inframerah dekat yang peka terhadap klorofil-a, gelombang merah yang peka terhadap material sedimen, dan lainnya. Meskipun data penginderaan jauh tidak selalu secara pasti dapat melakukan identifikasi hingga tingkatan jenis dan konsentrasinya secara langsung namun data penginderaan jauh dapat menunjukkan pola spasial dari sebaran area terdampak pencemaran dari suatu perairan. Dengan didukung data lapangan dan laboratorium analisis lebih lanjut untuk identifikasi dapat dilakukan secara lebih kualitatif. Lillesand & Kieffer (1979).

Tujuan dari penelitian ini yaitu (1) Menghasilkan persamaan regresi dengan koefisien determinansi (r^2) yang baik untuk

identifikasi parameter status trofik menggunakan data Landsat-8 OLI; (2) Memetakan sebaran parameter indeks trofik (transparansi *secchi disk*, klorofil-a, dan total fosfor) pada daerah kajian; (3) Menguji hubungan antar parameter indeks trofik Carlson pada daerah kajian; dan (4) Memetakan sebaran kondisi trofik berdasarkan indeks trofik Carlson pada daerah kajian

METODE PENELITIAN

Data Landsat-8 OLI level 1T diperoleh dari situs earthexplorer.usgs.gov untuk perekaman tanggal 1 November 2013, untuk path 118 dan row 66 yang meliputi kabupaten Malang bagian selatan. Pemrosesan citra Landsat-8 OLI dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Envi 4.5. sebelum pemrosesan dilakukan tahap koreksi radiometrik untuk mengkonversi digital number (DN) menjadi nilai Top of Atmosfer (ToA) reflectance dengan koreksi sudut matahari. Konversi dilakukan dengan persamaan yang dikeluarkan oleh USGS sebagai petunjuk penggunaan data Landsat-8 OLI.

Pengukuran dan pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 14 November 2013, sementara uji laboratorium dilakukan pada tanggal 16 November 2013. Sampel diambil pada 15 titik untuk mengukur kedalaman transparansi *secchi disk* (SDT), pengambilan sampel air untuk uji konsentrasi klorofil-a, dan total fosfor (TP). Pengukuran kecerahan perairan dilakukan dengan menggunakan *secchi disk* dimana kedalaman *secchi disk* merupakan titik yang mampu dicapai oleh penetrasi cahaya matahari dan dipantulkan kembali hingga permukaan. Nilai transparansi *secchi disk* yang digunakan merupakan hasil rerata antara kedalaman saat *secchi disk* menghilang saat ditenggelamkan dan kedalaman saat *secchi disk* mulai terlihat kembali saat diangkat ke permukaan.

Pengukuran kadar klorofil-a dan total fosfor dilakukan dengan mengambil sampel air di lapangan yang selanjutnya akan diuji di laboratorium. Air yang diambil untuk sampel merupakan air pada zona eufotik dari waduk. Yaitu zona yang masih bisa ditembus oleh sinar matahari dimana alga atau fitoplankton

dapat hidup. Batas zona eufotik merupakan batas kedalaman dari hasil pengukuran transparansi *secchi disk* pada tahapan sebelumnya. Sampel disimpan dalam cooling box sampai dilakukan pengujian di laboratorium. Uji laboratorium untuk klorofil-a dan total fosfor dilakukan dengan bantuan spektrofotometer. Dari 15 sampel yang diuji diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Sampel Parameter Indeks Status Trofik Waduk Sutami

Kode	Koordinat		SDT (m)	Klorofil-a (µg/l)	TP (µg/l)
	X	Y			
C01	664155	9095203	0,28	16,02	27
C02	664003	9095066	0,3	8,02	7
C03	664268	9094803	0,225	5,34	16
C04	664417	9094337	0,145	45,39	52
C05	664029	9094588	0,09	2,67	18
C06	663369	9095371	1,105	5,34	15
C07	663627	9095379	0,85	2,67	19
C09	663530	9095009	0,715	10,68	21
C10	662375	9095918	0,89	8,01	21
C11	662564	9095430	0,67	2,67	17
C12	661872	9095987	0,925	2,67	20
C14	663617	9095050	0,715	8,01	17
C15	661578	9095618	0,77	2,67	23
C16	663425	9094960	0,725	10,68	19
C17	663753	9094897	0,61	2,67	20

Sumber: Pengukuran Lapangan & Uji Laboratorium 2013

Selanjutnya data hasil pengukuran lapangan diregresikan dengan nilai *band ratio* citra Landsat-8 OLI. **Kloiber et al (2002)** menyatakan adanya korelasi yang tinggi antara nilai TM1 dan *band ratio* antara TM1:TM3 Landsat TM. Sehingga dalam penelitian ini digunakan nilai dari OLI2, dan *band ratio* antara OLI2:OLI4.

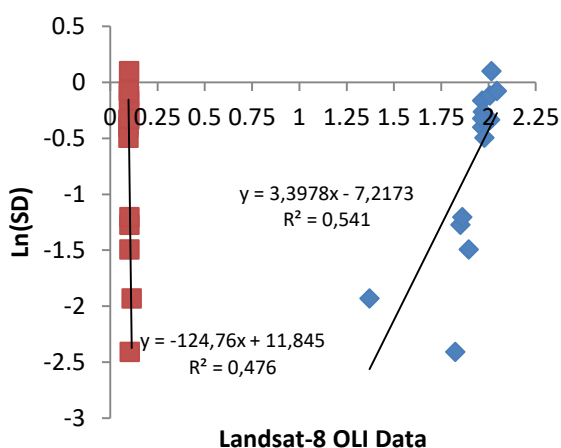
Untuk parameter klorofil-a **Brivio et al (2001)** merumuskan korelasi yang tinggi diperoleh dari selisih antara nilai band 1 dan 3, yang dinormalkan dengan band 2 ((ETM+1 – ETM+3) / ETM+2) dari Landsat-7 ETM+. Sehingga dalam penelitian ini digunakan nilai dari ((OLI2 - OLI4) / OLI3). **Mazumder dan Havens (1997)** menemukan adanya korelasi yang tinggi antara konsentrasi klorofil-a dan fosfor di perairan membuat persamaan yang sama juga digunakan sebagai prediktor

estimasi konsentrasi total fosfor di Waduk Sutami.

Nilai band ratio untuk masing-masing parameter status trofik selanjutnya diregresikan dengan data hasil uji laboratorium dan pengukuran lapangan untuk menghasilkan persamaan regresi untuk memetakan kondisi tiap parameter di seluruh perairan waduk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Band Ratio Landsat-8 OLI dengan Parameter Status Trofik



Gambar 1. Hubungan antara Landsat-8 OLI dengan transparansi secchi disk; persegi (OLI2); diamon (OLI2:OLI4)

Dari diagram pencar (Gbr.1) dapat dilihat bahwa secara sekilas nilai logaritma natural dari kedalaman transparansi secchi disk berbanding lurus dengan nilai dari band ratio OLI2:OLI4 dengan koefisien determinansi (R^2) sebesar 0,541. Sebaliknya dengan nilai band ratio OLI2 dan OLI4, nilai pantulan pada saluran OLI2 menunjukkan adanya kecenderungan hubungan yang berbanding terbalik dengan koefisien determinansi sebesar 0,476. Dengan menggunakan 2 variabel yaitu nilai band ratio OLI2:OLI4 dan nilai pantulan OLI2 dilakukan regresi linear berganda terhadap nilai transparansi *secchi disk*. Dengan menggunakan perangkat lunak *SPSS Statistics 22* diperoleh ringkasan model regresi sebagai berikut:

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,744 ^a	,554	,480	,4142273044

a. Predictors: (Constant), OLI2, OLI2_OLI4

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,019	12,752		,002	,999
	OLI2_OLI4	1,689	2,202	,482	,767	,458
	OLI2	-37,121	86,174	-,271	-,431	,674

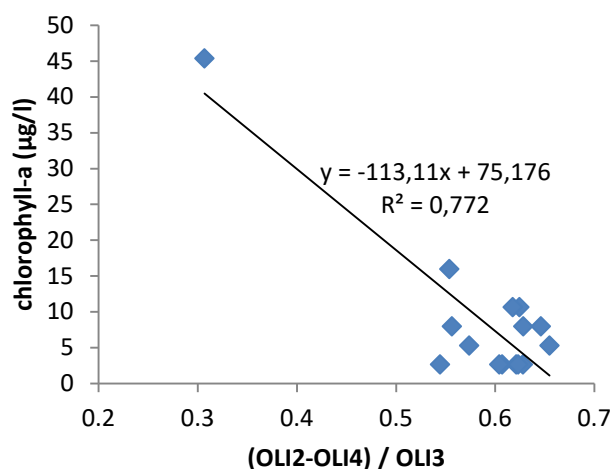
a. Dependent Variable: Ln(SDT)

Gambar 2. Ringkasan model regresi linear berganda transparansi *secchi disk* (SDT)

Berdasarkan ringkasan dari model regresi berganda yang dilakukan diperoleh angka koefisien determinansi yang lebih baik daripada regresi sederhana secara parsial. Koefisien determinansi yang diperoleh dengan menggunakan 2 prediktor ini sebesar 0,554 dengan persamaan regresi:

$$\ln(SDT) = 0,019 + 1,689x_1 - 37,121x_2 \quad (5)$$

Dimana x_1 adalah band ratio OLI2:OLI4 dan x_2 adalah nilai pantulan saluran OLI2.



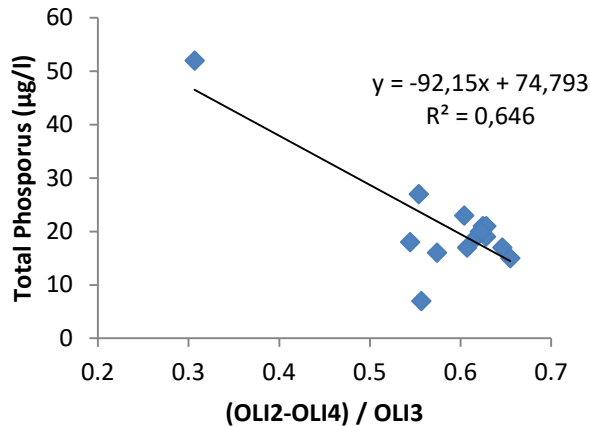
Gambar 3. Hubungan antara Landsat-8 OLI konsentrasi klorofil-a

Berdasarkan hasil regresi dan diagram pencar (Gbr 3.) dapat terlihat bahwa terdapat kecenderungan hubungan yang berbanding terbalik antara nilai band ratio dari data Landsat-8 OLI dengan konsentrasi klorofil-a di perairan Waduk Sutami. Kemampuan band ratio dalam menjelaskan variasi klorofil-a di perairan ditunjukkan dengan nilai koefisien determinansi sebesar 0,772. Nilai tersebut sangat tinggi dengan tingkat kepercayaan

yang diinginkan 95%, dimana sebanyak 77,2% lebih variasi perubahan klorofil-a di lapangan dapat dijelaskan oleh nilai band ratio OLI2, OLI4 dan OLI3. Persamaan regresi yang dihasilkan adalah:

$$\text{Klorofil} - a = -113,11x + 75,176 \quad (6)$$

Dimana x adalah nilai band ratio (OLI2-OLI4) / OLI3



Gambar 5. Hubungan antara Landsat-8 OLI konsentrasi Total Fosfor (TP)

Berdasarkan diagram pencar (Gbr. 5) yang terbentuk dari uji regresi antara band ratio OLI2, OLI4 dan OLI 3 dengan konsentrasi total fosfor di perairan Waduk Sutami menunjukkan adanya kecenderungan hubungan yang berbanding terbalik Koefisien determinansi yang menjadi acuan melihat kemampuan prediktor menjelaskan variasi perubahan variabel independen pada analisis ini bernilai 0,646 dengan persamaan:

$$\text{Total Fosfor (TP)} = -92,15x + 74,793 \quad (7)$$

Dimana y adalah konsentrasi total fosfor di lapangan, dan x adalah nilai band ratio Landsat-8 OLI.

Hubungan Antar Parameter Status Trofik Indeks Status Trofik Carlson (1977)

Uji statistik yang dilakukan antar parameter status trofik metode Carlson dilakukan untuk melihat kemungkinan adanya hubungan yang teratur antar masing-masing parameter. Untuk melihat bentuk hubungan antar ketiga parameter status trofik dilakukan uji korelasi dengan hasil sebagai berikut:

Correlations

		TP	chl	SDT
TP	Pearson Correlation	1	,872**	-,304
	Sig. (2-tailed)		,000	,271
	N	15	15	15
chl	Pearson Correlation	,872**	1	-,439
	Sig. (2-tailed)	,000		,101
	N	15	15	15
SDT	Pearson Correlation	-,304	-,439	1
	Sig. (2-tailed)	,271	,101	
	N	15	15	15

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Gambar 6. Ringkasan analisis korelasi parameter indeks status trofik Carlson (1977)

Berdasarkan ringkasan analisis korelasi yang dilakukan dapat dilihat bahwa konsentrasi klorofil-a (chl) dan total fosfor (TP) memiliki hubungan dengan kekuatan yang paling tinggi yaitu dengan nilai koefisien korelasi 0,872. Nilai positif dari koefisien menunjukkan hubungan yang berbanding lurus.

Sebaliknya dari 15 sampel yang diuji konsentrasi klorofil-a memiliki hubungan negatif atau berbanding terbalik dengan tingkat transparansi *secchi disk* (SDT). Namun kekuatan hubungan antara kedua parameter ini tidak terlalu tinggi dimana nilai koefisien korelasi yang dihasilkan hanya sebesar 0,439.

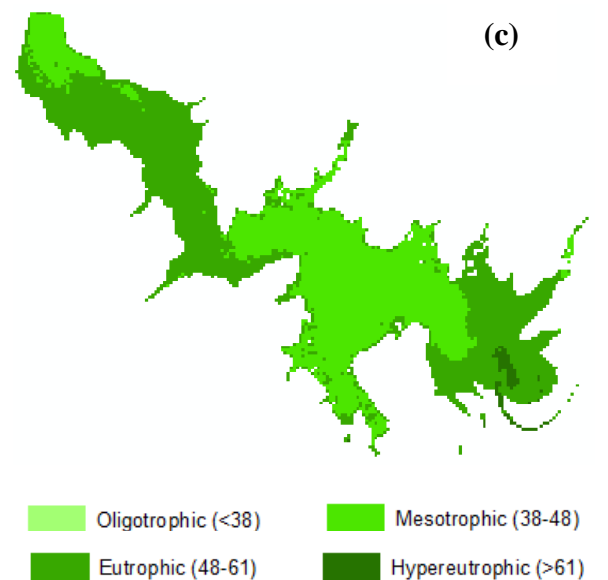
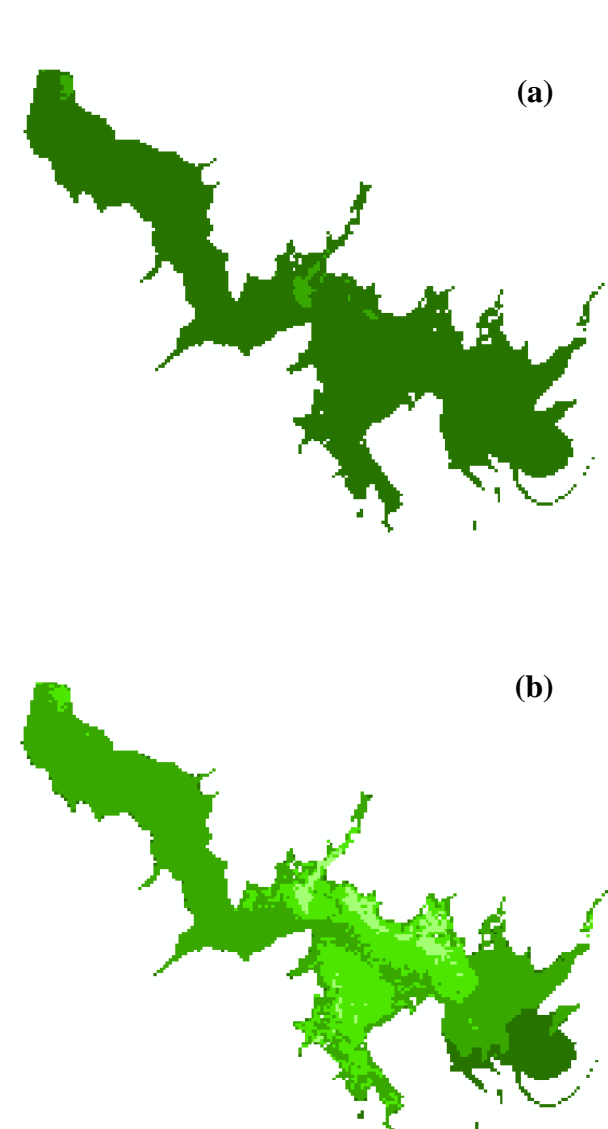
Seperti halnya hubungan antara klorofil-a dan transparansi *secchi disk*, hubungan antara total fosfor dan transparansi *secchi disk* juga bernilai negatif yang berarti adanya hubungan yang berbanding terbalik atau berlawanan. Namun koefisien korelasi yang dihasilkan sangat kecil yaitu hanya sebesar 0,304.

Waktu pengambilan sampel dan pengukuran lapangan yang telah memasuki musim penghujan dan pembukaan pintu waduk dapat menjadi sebab tingginya input sedimen yang masuk sehingga perairan lebih keruh dari biasanya. Kondisi ini membuat kekuatan hubungan antara klorofil-a dan transparansi *secchi disk* tidak terlalu tinggi. Selain itu masuknya sedimen juga dapat meningkatkan kadar nutrisi di perairan berupa fosfor (P) dan nitrogen (N). Hal ini membuat penetrasi cahaya yang masuk tidak hanya dibatasi oleh konsentrasi klorofil-a melainkan juga oleh partikel sedimen. Hal ini yang menjadi penyebab kekuatan hubungan

antara konsentrasi total fosfor dan transparansi *secchi disk* tidak terlalu kuat. Secara umum dapat disimpulkan bahwa kondisi fisik perairan Waduk Sutami ditutupi oleh partikel non-alga yang menghalangi penetrasi cahaya yang masuk.

Pemetaan Parameter Status Trofik Waduk Sutami

Pemetaan indeks status trofik masing-masing parameter dilakukan dengan mengkalkulasi persamaan hasil regresi ke dalam citra, dan dilanjutkan dengan konversi menjadi indeks status trofik. Tahap kalkulasi akan menghasilkan citra baru yang berisi sebaran nilai indeks dari masing-masing parameter dan diklasifikasikan menurut status trofiknya sebagai berikut:



Gambar 7. Peta sebaran indeks status trofik tiap parameter; (a) SDT; (b) klorofil-a; dan (c) TP.

Peta TSI SD (Gbr. 7a) menunjukkan bahwa status trofik Waduk Sutami berdasarkan parameter SD secara umum berada pada kondisi hipereutrofik dengan nilai indeks diatas 61. Dari luas sekitar 620 Ha total permukaan air Waduk Sutami pada saat perekaman lebih dari 98% yaitu 611,1 Ha area waduk berada pada kondisi hipereutrofik. Sementara sebagian kecil sisanya 9,54 Ha area waduk memiliki kondisi eutrofik dengan nilai 49-61.

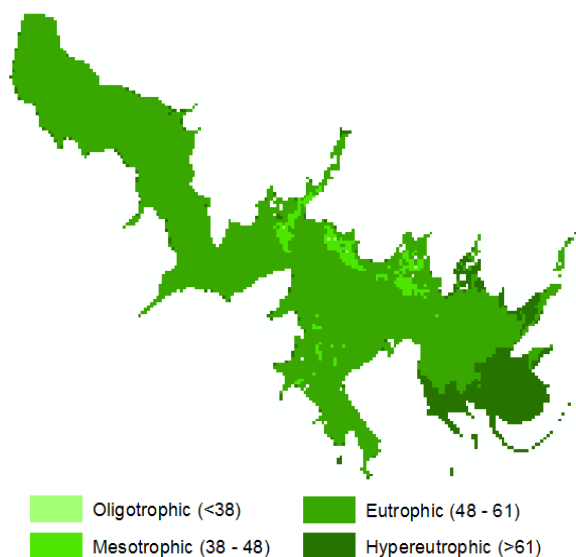
Dari parameter klorofil-a (Gbr. 6b) dapat terlihat bahwa kondisi perairan Waduk Sutami mayoritas berada pada kondisi eutrofik dengan nilai indeks 48-61. zona ini memiliki luasan mencapai $\pm 393,5$ Ha atau sekitar 60% dari total luas permukaan air waduk saat perekaman. Selanjutnya terdapat zona dengan status mesotrofik dengan nilai indeks 38-48 memiliki luasan mencapai $\pm 142,8$ Ha atau sekitar 20% dari area perairan waduk. Zona hipereutrofik terkonsentrasi pada sekitaran inlet Sungai Brantas serta sebagian kecil tersebar di beberapa bagian tepi waduk. Zona ini memiliki luasan $\pm 59,2$ Ha atau kurang dari 10% dari total luas permukaan airwaduk. Sementara sisanya yaitu $\pm 25,1$ Ha atau kurang dari 5% area waduk merupakan zona dengan status oligotrofik dengan indeks trofik paling rendah yaitu dibawah 38.

Status trofik berdasarkan parameter TP (Gbr. 6c) meliputi mesotrofik, eutrofik

dan hipereutrofik. Zona mesotrofik dengan rentang indeks antara 38-48 memiliki luasan sebesar $\pm 282,9$ Ha atau sekitar 45% dari total luas permukaan air waduk saat perekaman. Zona eutrofik yang memiliki rentang indeks antara 48-61 merupakan zona yang paling mendominasi dengan luasan $\pm 328,8$ Ha atau setara dengan 53% dari total luas area perairan waduk saat perekaman. Sementara sisanya yaitu ± 9 Ha merupakan zona dengan tingkat status trofik paling tinggi yaitu zona hipereutrofik dengan rentang nilai indeks diatas 61.

Identifikasi Status Trofik Waduk Sutami

Status trofik Waduk Sutami menurut metode Carlson (1977) dapat dikalkulasi dari rata-rata nilai indeks trofik ketiga parameter status trofik yaitu SD, kl orofil-a, dan TP (Persamaan 4).



Gambar 7. Peta sebaran indeks status trofik Carlson (1977)

Hasil klasifikasi (Gbr. 7) menunjukkan bahwa perairan Waduk Sutami didominasi zona dengan status Eutrofik dengan rentang nilai indeks 48-61. Zona ini tersebar hampir di seluruh perairan terkecuali pada bagian inlet Sungai Brantas. Zona dengan status eutrofik mendominasi dengan luasan ± 516 Ha atau setara dengan 83% total luas area perairan Waduk Sutami pada saat perekaman. Selanjutnya terdapat zona hipereutrofik dengan rentang indeks trofik diatas 61 yang memiliki luasan $\pm 82,6$ Ha atau setara dengan

13,4% dari total luas area perairan waduk. Zona ini tersebar di beberapa bagian waduk. Konsentrasi terbesar zona ini berada pada bagian inlet Sungai Brantas sementara sebagian kecil lainnya tersebar di beberapa bagian tepi waduk. Zona dengan status mesotrofik yang memiliki rentang nilai indeks antara 38 hingga 48 menempati area dengan luasan $\pm 21,1$ Ha atau setara dengan 3,4% dari total luas permukaan air waduk. Zona ini mayoritas terkonsentrasi pada bagian tengah waduk bagian utara sementara sebagian kecil lainnya tersebar di bagian selatan waduk. Sementara sisa area perairan waduk berada pada status oligotrofik dengan nilai indeks dibawah 38. Area ini hanya menempati area $\pm 0,45$ Ha atau hanya setara dengan 0,08% dari total luasan area perairan waduk. Zona ini tersebar secara terpisah pada bagian tengah waduk sebelah utara diantara zona mesotrofik.

Hasil pemetaan status trofik Waduk Sutami berdasarkan metode indeks trofik Carlson (1977) menunjukkan bahwa kondisi waduk berada pada status trofik yang tinggi dengan dominasi pada status eutrofik hingga hipereutrofik. Kondisi ini sangat mengkhawatirkan dimana status trofik yang tinggi merupakan salah satu indikator adanya pencemaran pada perairan waduk. Sektor perikanan merupakan salah satu yang terancam dimana kualitas air waduk sangat berpengaruh pada pemanfaatan bidang ini. Kondisi air yang terlalu subur dapat memicu pertumbuhan alga yang melebihi batas normal. Pertumbuhan alga yang tinggi hingga batas berbahaya dapat menurunkan oksigen terlarut dan penetrasi cahaya di perairan yang menjadi potensi berubahnya sifat air akibat toksik yang dihasilkan jasad alga yang mati di dasar perairan. Kondisi yang dikenal dengan *blooming algae* atau *algal bloom* ini dapat membunuh biota perairan termasuk ikan yang merupakan komoditas perikanan keramba apung di Waduk Sutami.

KESIMPULAN

Berdasarkan koefisien determinansi (r^2) analisis regresi, Citra Landsat-8 OLI memiliki kemampuan sebagai prediktor untuk identifikasi parameter status trofik metode Carlson (1977), dengan tingkat kemampuan sangat baik ($r^2 = 0,772$) pada parameter

klorofil-a, dan cukup baik pada parameter transparansi secchi disk ($r^2 = 0,554$) dan total fosfor ($r^2 = 0,646$).

Kondisi parameter transaparanansi secchi disk (SDT) di Waduk Sutami berada pada kelas sangat rendah dengan nilai antara 11-108 cm, atau pada status eutrofik hingga hipertrofik. Parameter konsentrasi klorofil-a Waduk Sutami memiliki rentang -3,613281 hingga 50,097767 $\mu\text{g/l}$, dengan variasi status trofik mulai dari oligotrofik hingga hipertrofik. Sementara parameter total fosfor (TP) berada pada rentang 10,603867 hingga 54,361919 $\mu\text{g/l}$ yang menunjukkan variasi status trofik dari mesotrofik hingga hipereutrofik.

Parameter SDT memiliki hubungan berbanding terbalik dengan parameter dengan kekuatan hubungan yang tidak terlalu tinggi pada parameter klorofil-a ($r = -0,439$), dan total fosfor ($r = -0,304$). Sedangkan parameter klorofil-a dan total fosfor memiliki hubungan searah dengan kekuatan hubungan yang sangat kuat ($r = 0,872$). Hal ini menunjukkan adanya pengaruh partikel berwarna non alga pada nilai kecerahan perairan.

Status trofik Waduk Sutami didominasi oleh zona eutrofik (48-61) dengan luasan ± 516 Ha, zona hipereutrofik (>61) dengan luasan $\pm 82,6$ Ha, zona meotrofik (38-48) dengan luasan $\pm 21,1$ Ha, dan sisanya pada zona oligotrofik dengan luasan $\pm 0,45$ Ha. Sebaran status trofik ini menunjukkan perairan Waduk Sutami berada pada kondisi status trofik tinggi yang berbahaya.

Prapto; Hartono; Suharyadi; Penyunting: Sutanto, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta 1990.

Mazumder, A.& Havens, K.E., 1998, *Nutrient-Chlorophyll-Secchi Relationships Under Contrasting Grazer Communities Of Temperate Versus Subtropical Lakes*, Canada.

Prasad, A.G. D. & Siddaraju, 2012, Carlson's Trophic State Index for the assessment of trophic status of two Lakes in Mandya district, *Pelagia Research Library*, Department of Environmental Sciences, University of Mysore, Karnataka, India.

DAFTAR PUSTAKA

Brivio P.A., C. Giardino & E. Zilioli, 2001, Determination Of Chlorophyll Concentration Changes In Lake Garda Using An Image-Based Radiative Transfer Code For Landsat TM Images, *International Journal of remote sensing* 22:2: 487-502.

Klapper, H., 1991, *Control of Eutrophication in Inland Waters*, Prentice Hall PTR, USA

Lillesand, T.M. & Kieffer, R.W., 1979, *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, diterjemahkan oleh: Dubahri; Suharsono,