

Pemanfaatan Landsat 8 OLI Multitemporal untuk Monitoring Kualitas Perairan di Muara Segara Anakan Tahun 2013-2015

Khusna Tania
khusnania@gmail.com

Sudaryatno
sudaryatno@ugm.ac.id

Abstract

Coastal waters affected by land and sea factors. In Segara Anakan estuary, land factors are dominated by a large sediment supply, leading to increased coloured organic matter and decreased chlorophyll-a. Total Suspended Matter (TSM), Coloured Dissolved Organic Matter (CDOM), and chlorophyll-a become water quality parameters that have optical characteristics that can be extraction using Landsat imagery. This study aims to (1) determine the relationship of Landsat 8 imagery with the concentration of TSM, CDOM, and chlorophyll-a; (2) mapping the spatial distribution of water quality parameters at Segara Anakan estuary; (3) mapping the water quality at Segara Anakan estuary year 2013-2015; (4) mapping the water quality dynamics at Segara Anakan estuary year 2013-2015. Water quality mapping using linear regression between TSM, CDOM, and chlorophyll-a concentrations with band ratio of Landsat imagery. Regression result of TSM has very good relationship value ($R^2=0,846$), CDOM is good enough ($R^2=0,5662$), and chlorophyll-a is good ($R^2=0,7543$).

Keywords: Remote Sensing, Landsat 8, TSM, CDOM, Chlorophyll-a, Water Quality

Abstrak

Perairan pesisir dipengaruhi oleh faktor darat dan laut. Di muara Segara Anakan, faktor darat didominasi pasokan sedimen yang sangat banyak, menyebabkan peningkatan zat organik berwarna dan penurunan klorofil-a. Total Suspended Matter (TSM), Coloured Dissolved Organic Matter (CDOM), dan klorofil-a menjadi parameter kualitas perairan yang memiliki karakteristik optik sehingga dapat diekstraksi menggunakan citra Landsat 8. Penelitian ini bertujuan untuk, (1) mengetahui hubungan citra Landsat 8 OLI dengan konsentrasi parameter kualitas perairan TSM, CDOM, dan klorofil-a; (2) memetakan distribusi spasial parameter kualitas perairan di muara Segara Anakan tahun 2013-2015; (3) memetakan distribusi spasial kualitas perairan di muara Segara Anakan tahun 2013-2015; (4) memetakan dinamika kualitas perairan di muara Segara Anakan tahun 2013-2015. Pemetaan kualitas perairan dilakukan dengan menggunakan metode regresi linier antara konsentrasi TSM, CDOM, dan klorofil-a dengan algoritma rasio saluran citra Landsat. Hasil regresi TSM memiliki nilai hubungan yang sangat baik ($R^2=0,846$), CDOM cukup baik ($R^2=0,5662$), dan klorofil-a baik ($R^2=0,7543$).

Kata Kunci: Penginderaan Jauh, Landsat 8, TSM, CDOM, Klorofil-a, Kualitas Perairan

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir yang juga disebut muara sungai merupakan wilayah bertemunya perairan tawar dari darat dan perairan asin dari laut. Wilayah tersebut mendapat pengaruh aktivitas dari darat dan laut. Aktivitas darat yang mempengaruhi kondisi wilayah pesisir meliputi semua kegiatan industri, domestik atau rumah tangga, pertanian, budidaya, dan pertambangan. Aktivitas laut meliputi arus dan gelombang pasang surut. Kedua sumber pengaruh tersebut menjadikan wilayah pesisir atau muara sungai memiliki permasalahan yang kompleks, meliputi abrasi dan akresi. Abrasi banyak dipengaruhi oleh aktivitas gelombang laut, sedangkan akresi berupa bertambahnya wilayah darat di perairan pesisir akibat adanya material yang terendapkan di muara sungai, yang juga dapat mempengaruhi kondisi kualitas perairan di wilayah tersebut, seperti di Laguna Segara Anakan, perbatasan Kabupaten Cilacap (Jawa Tengah) dengan Kabupaten Ciamis (Jawa Barat).

Laguna Segara Anakan menjadi outlet sungai-sungai yang mengalir dalam DAS Citanduy, Cibeureum, Citotok, Cimeneng, Cikonde, Gatel, Solokdewata, dan Ciparayangan yang menjadi bagian dari Wilayah Sungai Cintanduy. Semua DAS tersebut menyumbang material sedimen dalam volume yang banyak. Material sedimen dialirkan melalui sungai-sungai besar meliputi Sungai Citanduy yang memasok sebanyak 0,74 juta m³ per tahun, Sungai Cimeneng, Cikonde, dan lainnya yang memasok 0,26 juta m³ per tahun sehingga dalam satu tahun terdapat sekitar 1 juta m³ material sedimen yang terendapkan di Laguna Segara Anakan. Hal itu menyebabkan luas Segara Anakan yang semakin berkurang, yang awalnya memiliki luas 6450 hektar pada tahun 1903 kemudian menyempit menjadi 600 hektar pada tahun 2000 (Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 483/KPTS/M/2013 tentang Pola

Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Citanduy).

Penelitian berjudul Analisis Perubahan Lahan Kawasan Laguna Segara Anakan Selama Periode Waktu (1978-2016) Menggunakan Satelit Landsat Multitemporal menunjukkan adanya perubahan penggunaan lahan di DAS Citanduy yang berperan besar dalam memasok sebagian besar sedimen ke perairan Segara Anakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan lahan yang mengalami penurunan luasan dari tahun 2009-2014 meliputi hutan dengan penurunan sebesar 657,86 ha, kebun campuran 17.729,64 ha, perkebunan 99,35 ha, semak/belukar 178,52 ha, tegalan/ladang 4.037,06 ha, dan tubuh air 1,56 ha. Lahan yang mengalami penambahan luasan adalah permukiman dengan penambahan sebesar 4.741,36 ha dan persawahan 17.962,64 ha (Dewi, R., et al., 2016). Hal itu menunjukkan adanya degradasi lahan yang semakin terlihat karena semakin banyak lahan yang diolah untuk pemenuhan kebutuhan penduduk dengan semakin meningkatnya jumlah permukiman. Penurunan luas lahan hutan, perkebunan, semak, tegalan juga diimbangi dengan bertambahnya luas lahan persawahan yang menunjukkan pengolahan lahan oleh aktivitas manusia semakin intensif. Adanya penyusutan luas tubuh air menunjukkan banyaknya material sedimen yang dibawa oleh sungai-sungai di DAS Citanduy, khususnya Sungai Citanduy yang sebagian terendapkan di sekitar sungai dan sebagian terbawa arus sampai Laguna Segara Anakan.

Keputusan Menteri Pekerjaan Umum tentang Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Citanduy juga menjelaskan terkait masalah lingkungan dan inkonsistensi rencana tata ruang yang tercakup dalam isu strategis lokal, diantaranya adalah permasalahan sumberdaya air akibat pemanfaatan lahan di daerah hulu dan rendahnya pengelolaan lingkungan yang menjadi penyebab utama pencemaran air yang mengakibatkan

kualitas air dan produktivitas primer menurun. Kondisi kualitas air di Segara Anakan banyak dipengaruhi oleh pasokan sedimen dengan volume sangat banyak. Penurunan kualitas air tentu mengalami dinamika dari tahun ke tahun sehingga perlu adanya pemantauan secara periodik yang telah diatur dalam rencana jangka pendek, menengah, maupun panjang. Hal itu perlu dilakukan monitoring terhadap banyaknya sedimen dan dekomposisi material organik di perairan yang menyebabkan perairan menjadi keruh dan berubah warna dan mempengaruhi proses fotosintesis yang mengakibatkan menurunnya produktivitas primer di perairan tersebut.

Burke, et al. (2002, dalam Griffin, et al., 2005) menjelaskan bahwa secara umum perairan laut dikelompokkan menjadi *case 1* (perairan laut terbuka atau laut lepas) dan *case 2* (perairan pesisir). Perairan laut terbukamerupakan perairan dengan fitoplankton sebagai agen atau parameter utama yang mempengaruhi karakteristik optis perairan tersebut. Perairan pesisir merupakan perairan yang tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan fitoplankton (klorofil-a), tetapi juga bahan lainnya, khususnya suspensi partikel anorganik (TSM) dan zat kuning (CDOM). Hal itu menyebabkan perairan pesisir memiliki komposisi dan karakteristik optis yang lebih kompleks dibandingkan perairan laut terbuka atau laut lepas.

Monitoring kualitas perairan dapat dilakukan dengan melihat dinamika parameter kualitas perairan secara periodik yang dapat diekstrak menggunakan data penginderaan jauh. Hal itu akan memudahkan dalam analisis spasial karena dapat menghemat waktu, energi, dan biaya dalam kegiatan lapangan dibandingkan dengan cara konvensional melalui survei lapangan pada seluruh area kajian. Penginderaan jauh juga memungkinkan analisis spasiotemporal untuk melihat dinamika kondisi perairan tersebut. Penelitian ini menggunakan data penginderaan jauh Landsat 8 OLI yang memiliki keunggulan secara spasial

dibandingkan citra yang secara khusus untuk kajian kelautan. Monitoring kualitas perairan menggunakan saluran tampak (visible) pada Landsat 8 OLI karena interaksi energi elektromagnetik dengan karakteristik perairan terjadi pada panjang gelombang tampak atau saluran biru, hijau, dan merah yang pada panjang gelombang tersebut ada energi yang diserap dan dipantulkan, sedangkan semakin panjang suatu gelombang maka semakin banyak atau hampir semua energi elektromagnetik yang diserap sehingga untuk analisis parameter kualitas air menjadi kurang maksimal.

Tidak semua parameter kualitas air dapat diekstrak dari data penginderaan jauh sehingga parameter yang dipakai dalam penelitian ini meliputi Total Suspended Matter (TSM), klorofil-a, dan Coloured Dissolved Organic Matter (CDOM). Keberadaan tiga parameter tersebut mempengaruhi secara aktif interaksi gelombang elektromagnetik dalam kolom air sehingga energi yang diterima sensor penginderaan jauh bergantung pada keberadaan TSM, klorofil-a, dan CDOM di perairan. Hal itu seperti yang diungkapkan Jerlov (1976; Kirk, 1983 dalam Ritchie et al., 2003) bahwa konsep utama dalam kajian kualitas air melalui penginderaan jauh adalah material yang terkandung di dalam air dapat secara signifikan mengubah karakteristik hamburan air tersebut. Ritchie, et al. (1976, dalam Ritchie et al., 2003) menunjukkan bahwa panjang gelombang 700-800 nm lebih berguna untuk menentukan sedimen tersuspensi (TSM). Klorofil-a berwarna hijau tua, paling kuat menyerap cahaya merah (600-700 nm) dan paling sedikit cahaya hijau (500-600 nm), sedangkan cahaya biru (400-500 nm) diserap oleh karotenoid.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan citra Landsat 8 OLI dalam identifikasi parameter kualitas perairan TSM, klorofil-a, dan CDOM; mengetahui distribusi spasial parameter kualitas perairan TSM, klorofil-a, dan CDOM di muara Segara Anakan tahun 2013-2015; mengetahui distribusi spasial

kualitas perairan di muara Segara Anakan tahun 2013-2015; dan mengetahui dinamika kualitas perairan di muara Segara Anakan tahun 2013-2015.

METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini adalah regresi linier antara saluran tunggal dan rasio saluran pada citra Landsat dengan konsentrasi TSM, CDOM, dan klorofil-a hasil uji laboratorium. Estimasi nilai TSM menggunakan sensor Landsat telah diterapkan di perairan Delta Mahakam Indonesia oleh Budhiman (2004) yang menghasilkan algoritma sebagai berikut:

$$TSM = 8.1429 * \text{Exp}(23.704 * B3)$$

Estimasi nilai klorofil-a mengacu pada penelitian Griffin (2010) sebagai berikut:

$$Chl-a = 37.0806375 + (-94.76752 * B3) + (-29.944702 * (B1/B3))$$

Estimasi CDOM mengacu pada algoritma Griffin, et al. (2011) sebagai berikut:

$$\ln(CDOM) = -1.145 + 26.529 (B3) + 0.603 (B2/B1)$$

keterangan,

$\ln(CDOM)$ = logaritma natural dari CDOM

B1 = reflektan *band 1* Landsat TM/ETM+

B2 = reflektan *band 2* Landsat TM/ETM+

B3 = reflektan *band 3* Landsat TM/ETM+

Penentuan sampel untuk pengambilan data di lapangan menggunakan hasil dari estimasi klorofil-a karena jumlah variasi kelas yang lebih beragam dibanding TSM dan CDOM. Pengambilan sampel di lapangan menggunakan metode random sampling dilakukan berdasar sebaran 5 kelas dengan jumlah sampel sebanyak 23 sampel yang kemudian dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui konsentrasi TSM, CDOM, dan klorofil-a. Hasil uji laboratorium kemudian diregresikan secara linier dengan 98 algoritma rasio saluran untuk mencari algoritma terbaik yang mampu merepresentasikan kondisi TSM, CDOM, dan klorofil-a dengan baik. Penerapan algoritma untuk pembuatan peta TSM, CDOM, dan klorofil-a hasil regresi terbaik kemudian dikelaskan sesuai klasifikasi pada tabel 1 berikut

Tabel 1. Klasifikasi Konsentrasi TSM, Klorofi-a, CDOM

Kelas TSM	TSM	Kelas Klorofil-a	Klorofil-a	Kelas CDOM	CDOM
1	Sangat tinggi	1	Sangat rendah	1	Sangat tinggi
2	Tinggi	2	Rendah	2	Tinggi
3	Sedang	3	Sedang	3	Sedang
4	Rendah	4	Tinggi	4	Rendah
5	Sangat rendah	5	Sangat tinggi	5	Sangat rendah

Sumber: Pengolahan data, 2016

Klasifikasi pada tabel 1 menunjukkan konsentrasi TSM dan CDOM sangat tinggi diwakili kelas 1, sedangkan pada klasifikasi konsentrasi klorofil-a yang sangat tinggi diwakili kelas 5. Hal itu mengasumsikan bahwa banyaknya konsentrasi TSM dan CDOM di perairan dapat mengganggu penetrasi sinar matahari yang masuk sehingga pertumbuhan klorofil-a terganggu yang membuat konsentrasinya menurun sehingga antara TSM dan CDOM dengan klorofil-a berbanding terbalik dalam klasifikasi konsentrasinya. Pembagian kelas menghasilkan peta kualitas perairan terbagi menjadi lima kelas dilakukan dengan asumsi sebagai berikut:

- 1) jika dua atau semua parameter memiliki kelas yang sangat buruk (TSM sangat tinggi, klorofil-a sangat rendah, atau CDOM sangat tinggi) maka kelas kualitas air menjadi sangat buruk
- 2) jika dua atau semua parameter memiliki kelas yang buruk (TSM tinggi, klorofil-a rendah, atau CDOM tinggi) maka kelas kualitas air menjadi buruk
- 3) jika dua atau semua parameter memiliki kelas yang sedang (TSM sedang, klorofil-a sedang, atau CDOM sedang) maka kelas kualitas air menjadi sedang
- 4) jika dua atau semua parameter memiliki kelas yang baik (TSM rendah, klorofil-a tinggi, atau CDOM rendah) maka kelas kualitas air menjadi baik
- 5) jika dua atau semua parameter memiliki kelas yang sangat baik (TSM sangat rendah, klorofil-a sangat tinggi, atau CDOM sangat rendah) maka kelas kualitas air menjadi sangat baik

Hasil klasifikasi setiap parameter kualitas perairan tersebut kemudian di-*overlay* untuk menghasilkan peta kualitas perairan dengan sistem klasifikasi seperti rincian berikut

- 1) kualitas perairan yang sangat buruk terdiri dari piksel yang terdiri dari kelas 111, 112, 113, 114, 115, 121, 131, 141, 151, 211, 311, 411, 511
- 2) kualitas perairan yang buruk terdiri dari piksel yang terdiri dari kelas 221, 222, 223, 224, 225, 212, 232, 242, 252, 122, 322, 422, 522, 123, 124, 125, 132, 142, 152, 213, 214, 215, 231, 241, 251, 312, 321, 412, 421, 512, 521
- 3) kualitas perairan yang sedang terdiri dari piksel yang terdiri dari kelas 331, 332, 333, 334, 335, 313, 323, 343, 353, 134, 135, 143, 153, 234, 235, 243, 253, 324, 325, 341, 342, 314, 315, 351, 352, 413, 423, 431, 432, 513, 531, 532, 523
- 4) kualitas perairan yang baik terdiri dari piksel yang terdiri dari kelas 441, 442, 443, 444, 445, 414, 424, 434, 454, 144, 244, 344, 544, 543, 542, 541, 514, 524, 534, 451, 452, 453, 415, 425, 435, 354, 345, 254, 245, 154, 145
- 5) kualitas perairan yang sangat baik terdiri dari piksel yang terdiri dari kelas 555, 554, 553, 552, 551, 545, 535, 525, 515, 455, 355, 255, 155.

Sistem klasifikasi tersebut digunakan untuk membuat peta kualitas perairan tahun 2013-2015 yang kemudian di-*overlay* untuk melihat dinamika atau perubahan yang terjadi pada kelas kualitas perairan di Muara Segara Anakan kurun waktu 2013-2015.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Regresi TSM dengan $\exp(B4)$ menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang rendah, yaitu 0,1216 sehingga model tersebut tidak mampu menggambarkan kondisi TSM di wilayah kajian dengan baik. Nilai R^2 CDOM dengan algoritma $B3/B2+B4$ sebesar 0,5468 dan klorofil-a dengan $B2/B4+B4$ sebesar 0,7289 menunjukkan bahwa algoritma tersebut sudah mewakili kondisi CDOM dan

klorofil-a di lapangan dengan cukup baik, tetapi perlu dikembangkan model algoritma lain yang lebih baik nilai koefisien determinasinya. Konsentasi ketiga parameter kualitas perairan tersebut diregresikan secara linier dengan 98 algoritma di tabel 2 untuk mencari hasil terbaik

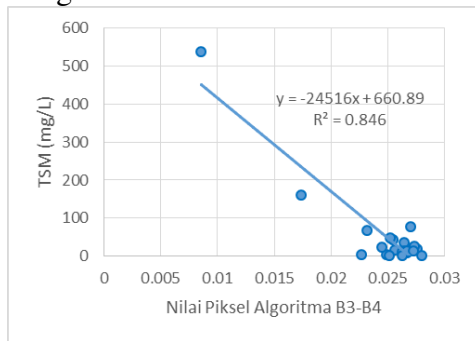
Tabel 2. Pemilihan Algoritma Terbaik

No	Algoritma	No	Algoritma	No	Algoritma
1	$\exp(B4)$	34	$B2/B4+B3$	67	$(B2+B4)/B3$
2	B2	35	$B2/B4+B4$	68	$(B2+B4)/B4$
3	B3	36	$B2/B4-B2$	69	$(B3+B4)/B2$
4	B4	37	$B2/B4-B3$	70	$(B3+B4)/B3$
5	$B2+B3$	38	$B2/B4-B4$	71	$(B3+B4)/B4$
6	$B2+B4$	39	$B3/B2+B2$	72	$(B2-B3)/B2$
7	$B3+B4$	40	$B3/B2+B3$	73	$(B2-B3)/B3$
8	$B2-B3$	41	$B3/B2+B4$	74	$(B2-B3)/B4$
9	$B2-B4$	42	$B3/B2-B2$	75	$(B2-B4)/B2$
10	$B3-B2$	43	$B3/B2-B3$	76	$(B2-B4)/B3$
11	$B3-B4$	44	$B3/B2-B4$	77	$(B2-B4)/B4$
12	$B4-B2$	45	$B3/B4+B2$	78	$(B3-B2)/B2$
13	$B4-B3$	46	$B3/B4+B3$	79	$(B3-B2)/B3$
14	$B2+B3+B4$	47	$B3/B4+B4$	80	$(B3-B2)/B4$
15	$B2-B3-B4$	48	$B3/B4-B2$	81	$(B3-B4)/B2$
16	$B3-B2-B4$	49	$B3/B4-B3$	82	$(B3-B4)/B3$
17	$B4-B2-B3$	50	$B3/B4-B4$	83	$(B3-B4)/B4$
18	$B2+B3-B4$	51	$B4/B2+B2$	84	$(B4-B2)/B2$
19	$B2+B4-B3$	52	$B4/B2+B3$	85	$(B4-B2)/B3$
20	$B3+B4-B2$	53	$B4/B2+B4$	86	$(B4-B2)/B4$
21	$B2/B3$	54	$B4/B2-B2$	87	$(B4-B3)/B2$
22	$B2/B4$	55	$B4/B2-B3$	88	$(B4-B3)/B3$
23	$B3/B2$	56	$B4/B2-B4$	89	$(B4-B3)/B4$
24	$B3/B4$	57	$B4/B3+B2$	90	$B2/(B2+B3)$
25	$B4/B2$	58	$B4/B3+B3$	91	$B3/(B2+B3)$
26	$B4/B3$	59	$B4/B3+B4$	92	$B4/(B2+B3)$
27	$B2/B3+B2$	60	$B4/B3-B2$	93	$B2/(B2+B4)$
28	$B2/B3+B3$	61	$B4/B3-B3$	94	$B3/(B2+B4)$
29	$B2/B3+B4$	62	$B4/B3-B4$	95	$B4/(B2+B4)$
30	$B2/B3-B2$	63	$(B2+B3)/B2$	96	$B2/(B3+B4)$
31	$B2/B3-B3$	64	$(B2+B3)/B3$	97	$B3/(B3+B4)$
32	$B2/B3-B4$	65	$(B2+B3)/B4$	98	$B4/(B3+B4)$
33	$B2/B4+B2$	66	$(B2+B4)/B2$		

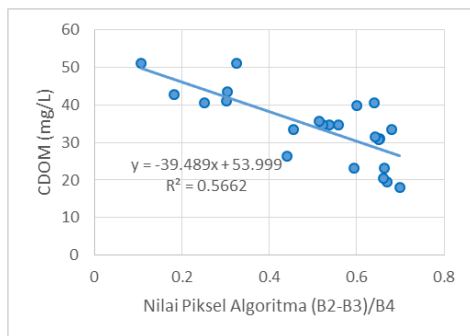
Sumber: Pengolahan data, 2017

Berdasar 98 algoritma tersebut, didapat algoritma terbaik yang mampu menggambarkan kondisi TSM, CDOM, dan

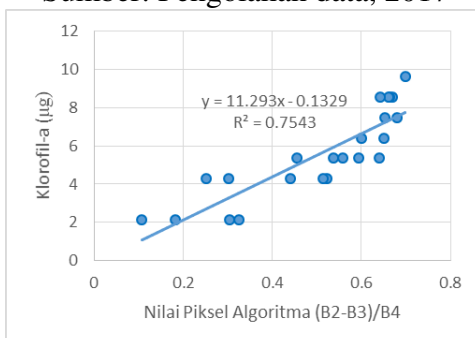
klorofil-a dengan baik, ditunjukkan pada hasil regresi berikut



Gambar 1. Regresi Terbaik TSM
Sumber: Pengolahan data, 2017



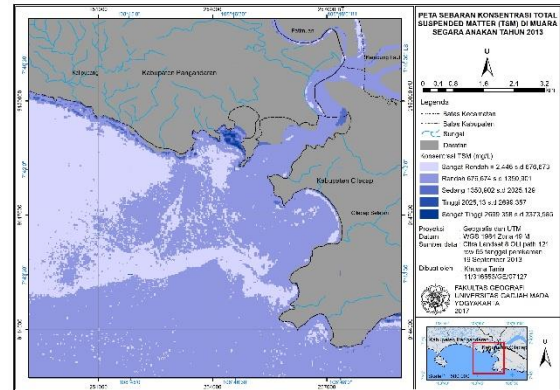
Gambar 2. Regresi Terbaik CDOM
Sumber: Pengolahan data, 2017



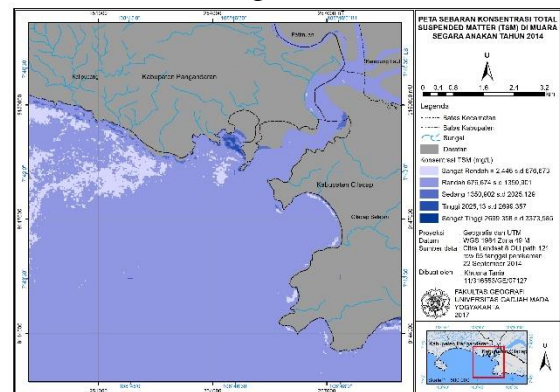
Gambar 3. Regresi Terbaik Klorofil-a
Sumber: Pengolahan data, 2017

Gambar 1, 2, dan 3 tersebut menunjukkan hasil regresi terbaik masing-masing parameter kualitas perairan, TSM dengan $R^2=0,846$ yang menunjukkan model yang sangat representatif dari algoritma B3-B4 untuk mewakili kondisi TSM di lapangan. CDOM dengan $R^2=0,5662$ menunjukkan bahwa algoritma (B2-B3)/B4 cukup baik dalam merepresentasikan CDOM, sedangkan klorofil-a memiliki algoritma yang sama dengan CDOM dan $R^2=0,7543$ yang menunjukkan baiknya model atau algoritma tersebut dalam menggambarkan kondisi klorofil-a di lapangan. Algoritma

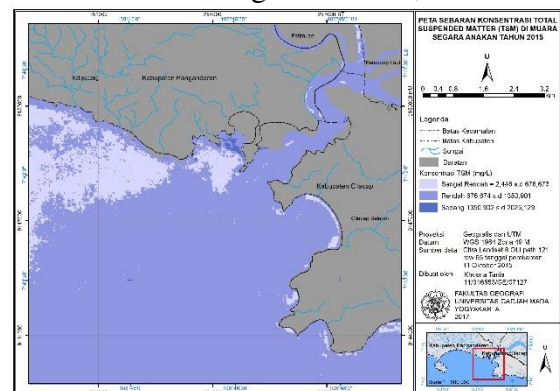
hasil regresi terbaik dimasukkan ke *band math* Envi 5.1 menghasilkan peta parameter TSM pada gambar berikut



Gambar 4. Peta TSM 2013
Sumber: Pengolahan data, 2017



Gambar 5. Peta TSM 2014
Sumber: Pengolahan data, 2014

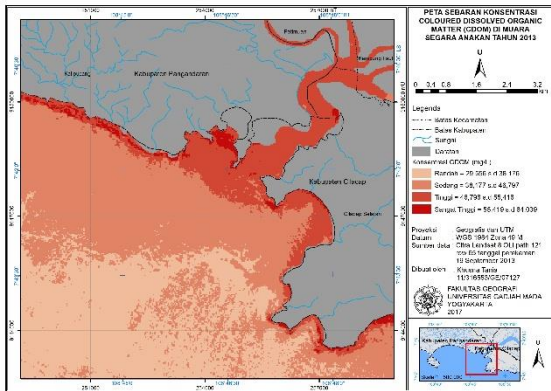


Gambar 6. Peta TSM 2015
Sumber: Pengolahan data, 2017

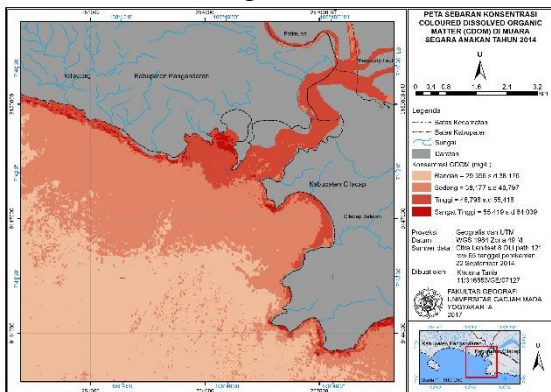
Gradasi warna biru menunjukkan semakin gelap maka konsentrasi TSM semakin tinggi, dan sebaliknya. TSM 2013 dan 2014 memiliki lima kelas dari sangat rendah hingga sangat tinggi, tahun 2015 tiga kelas dari sangat rendah hingga sedang. Hal itu menunjukkan perubahan yang lebih baik dengan menurunnya konsentrasi TSM.

Sebaran konsentrasi menunjukkan ada penurunan ke arah laut. Peta TSM tahun 2013-2015 didominasi kelas rendah, dengan perubahan cukup signifikan dari kelas sedang menjadi kelas rendah. Luas terkecil adalah kelas sangat tinggi tahun 2013 dan 2014, sedangkan tahun 2015 kelas sedang.

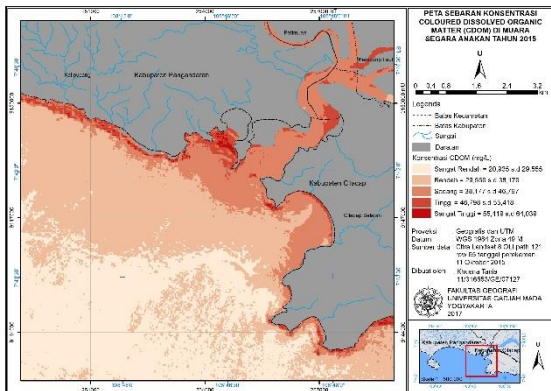
Penerapan algoritma hasil regresi terbaik untuk CDOM menghasilkan peta tahun 2013-2015 pada gambar berikut



Gambar 7. Peta CDOM 2013
Sumber: Pengolahan data, 2017



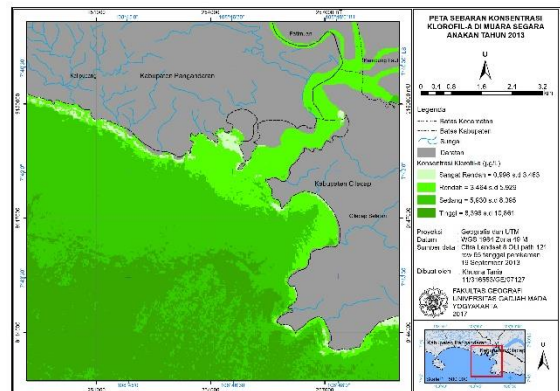
Gambar 8. Peta CDOM 2014
Sumber: Pengolahan data, 2017



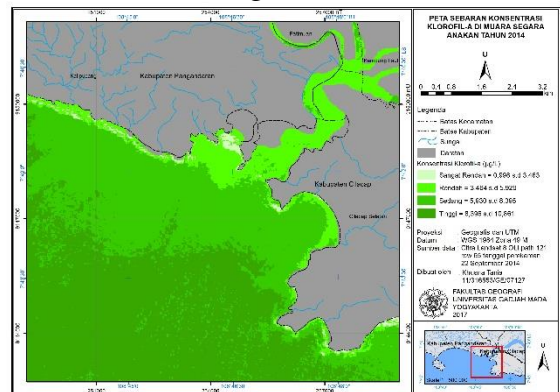
Gambar 9. Peta CDOM 2015
Sumber: Pengolahan data, 2017

CDOM tahun 2013 dan 2014 terdiri dari empat kelas dari konsentrasi rendah hingga sangat tinggi, sedangkan tahun 2015 menjadi lima kelas dari sangat rendah hingga sangat tinggi. Hal itu menunjukkan adanya penurunan konsentrasi CDOM di wilayah kajian penelitian. Sebarannya dapat dilihat bahwa semakin mengarah ke perairan laut diiringi dengan penurunan konsentrasi CDOM dan mengarah ke muara Segara Anakan hingga muara sungai konsentrasinya semakin tinggi. Peta CDOM tersebut menunjukkan bahwa tahun 2013 dan 2014 didominasi oleh kelas rendah, sedangkan 2015 didominasi kelas sangat rendah. Luas terkecil pada setiap tahun adalah kelas sangat tinggi.

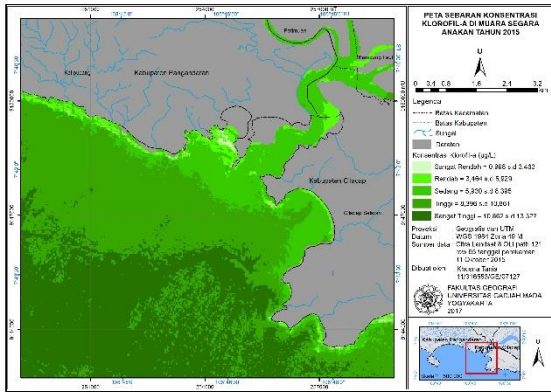
Konsentrasi klorofil-a dari hasil algoritma terbaik, dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 10. Peta Klorofil-a 2013
Sumber: Pengolahan data, 2017



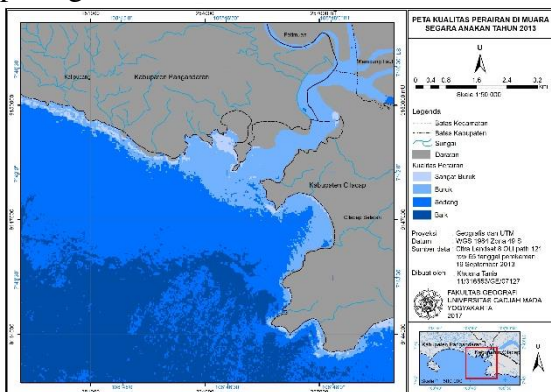
Gambar 11. Peta Klorofil-a 2014
Sumber: Pengolahan data, 2017



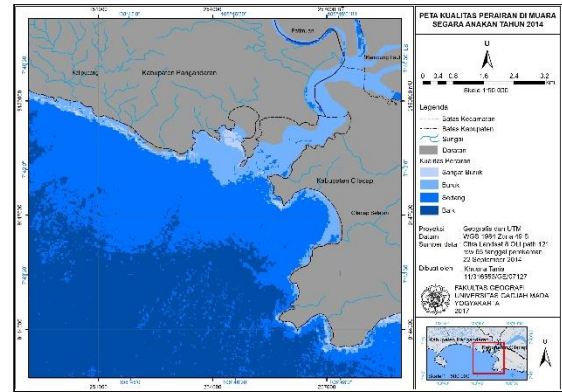
Gambar 12. Peta Klorofil-a 2015
Sumber: Pengolahan data, 2017

Gambar 10, 11, 12 menunjukkan perubahan kelas klorofil-a, dari tahun 2013 dan 2014 yang terdiri dari empat kelas sangat rendah hingga tinggi, tahun 2015 menjadi lima kelas terdiri dari sangat rendah hingga sangat tinggi, disimbolkan semakin gelap warna hijau maka konsentrasi semakin tinggi. Hal itu menunjukkan adanya peningkatan klorofil-a di wilayah kajian penelitian yang sebarannya semakin mengarah ke laut lepas maka diiringi dengan peningkatan konsentrasi klorofil-a. Tahun 2013 dan 2014 didominasi kelas tinggi, sedangkan 2015 kelas sangat tinggi. Luas area terkecil pada masing-masing tahun terdapat pada kelas sangat rendah.

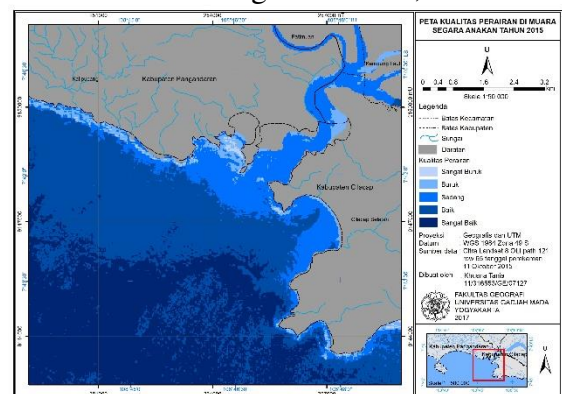
Ketiga parameter, yaitu TSM, CDOM, dan klorofil-a pada masing-masing tahun di-*overlay* menghasilkan peta kualitas perairan tahun 2013-2015 yang dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 13. Peta Kualitas Air 2013
Sumber: Pengolahan data, 2017



Gambar 14. Peta Kualitas Air 2014
Sumber: Pengolahan data, 2017

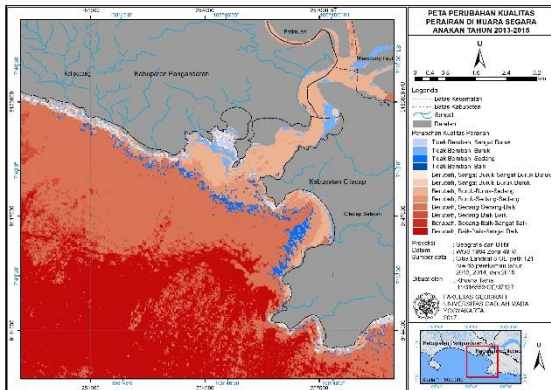


Gambar 15. Peta Kualitas Air 2015
Sumber: Pengolahan data, 2015

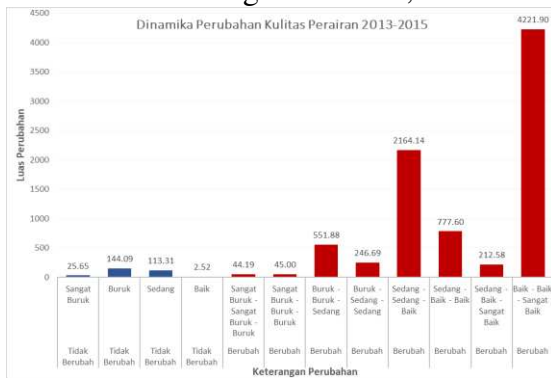
Gambar 13, 14, 15 menunjukkan adanya perbedaan kelas tahun 2013 dan 2014 yang terdiri dari empat kelas kualitas sangat buruk hingga baik, tahun 2015 menjadi lima kelas kualitas sangat buruk hingga sangat baik. Hal itu menunjukkan perubahan baik terkait peningkatan kualitas perairan di wilayah kajian. Sebaran setiap kelas ditunjukkan warna biru, semakin gelap menunjukkan kualitas semakin baik. Semakin mengarah ke laut lepas, kualitas semakin baik dan semakin ke arah muara Segara Anakan dan muara sungai, kualitasnya semakin buruk. Luas terbesar tahun 2013 dan 2014 adalah perairan dengan kelas baik, sedangkan 2015 didominasi luasan area kelas sangat baik. Tahun 2013-2015 memiliki luas paling kecil kelas sangat buruk.

Peta kualitas perairan tahun 2013, 2014, 2015 tersebut di-*overlay* untuk melihat dinamika kualitas perairan yang ada di wilayah kajian penelitian. Sebaran kualitas perairan dengan kelas yang berbeda dari masing-masing tahun tersebut

menunjukkan adanya dinamika kualitas perairan di muara Segara Anakan. Hal itu dapat dilihat dinamika perubahannya pada gambar berikut



Gambar 16. Peta Perubahan Kualitas Air
Sumber: Pengolahan data, 2017



Gambar 17. Grafik Perubahan Luas
Sumber: Pengolahan data, 2017

Gambar 16 menunjukkan dominasi wilayah perairan yang mengalami perubahan kelas kualitas dibandingkan dengan luasan wilayah perairan yang tidak berubah. Wilayah perairan yang tidak mengalami perubahan kelas ditunjukkan dengan simbol warna biru yang tersebar di sekitar garis pantai, di tepi belokan sungai, dan salah satu sungai yang bermuara di Laguna Segara Anakan. Terdapat empat kelas yang tidak mengalami perubahan kelas kualitas, yaitu perairan dengan kelas sangat buruk sebesar 25,65 ha, buruk 144,09 ha, sedang 113,31 ha, dan baik 2,52 ha seperti gambar 17.

Perubahan kelas kualitas perairan tahun 2013, 2014, ke 2015 mendominasi di wilayah kajian penelitian disimbolkan dengan gradasi warna merah terdiri dari delapan perubahan yang semuanya berubah ke kelas kualitas yang lebih baik. Luas perubahan terbesar adalah kualitas perairan

kelas baik di tahun 2013 dan 2014 menjadi kelas sangat baik di tahun 2015 sebesar 4221,9 ha. Wilayah perairan laut hingga muara Segara Anakan terdapat luasan perubahan kualitas sedang di tahun 2013 dan 2014 menjadi baik di tahun 2015 sebesar 2164,14 ha. Perubahan kualitas sangat buruk di tahun 2013 dan 2014 menjadi buruk di tahun 2015 dengan luas 44,19 ha, sangat buruk di tahun 2013 menjadi buruk di tahun 2014 dan 2015 sebesar 45 ha, kelas buruk di tahun 2013 dan 2014 menjadi sedang di tahun 2015 sebesar 551,88 ha, kelas buruh tahun 2013 menjadi sedang di tahun 2014 dan 2015 sebesar 246,69 ha, kelas sedang tahun 2013 menjadi baik di tahun 2014 dan 2015 sebesar 777,6 ha, dan kelas sedang tahun 2013 menjadi baik tahun 2014 dan menjadi sangat baik tahun 2015 sebesar 212,58 ha.

KESIMPULAN

1. Hasil analisis regresi parameter kualitas perairan berdasar nilai R² menunjukkan bahwa citra Landsat 8 OLI memiliki kemampuan yang sangat baik dalam memprediksi parameter TSM (R²=0,846), CDOM diidentifikasi dengan cukup baik (R²=0,5662) dan mampu mengidentifikasi klorofil-a dengan baik (R²=0,7543).
2. Distribusi TSM tahun 2013, 2014, dan 2015 didominasi kelas rendah dengan sebaran semakin mengarah ke wilayah perairan laut maka konsentrasi TSM semakin rendah. Sebaran CDOM tahun 2013 dan 2014 didominasi oleh kelas rendah, sedangkan tahun 2015 didominasi kelas sangat rendah yang tersebar di wilayah perairan laut. Parameter klorofil-a tahun 2013 dan 2014 didominasi kelas tinggi, sedangkan tahun 2015 didominasi kelas sangat tinggi yang menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi klorofil-a dengan sebaran semakin mengarah ke laut lepas.
3. Kualitas perairan di muara Segara Anakan pada tahun 2013 dan 2014 sebagian besar memiliki kualitas

perairan yang baik, pada tahun 2015 membaik kualitasnya dengan dominasi kelas sangat baik yang tersebar di perairan laut lepas, sedangkan untuk kualitas sangat buruk, buruk, dan sedang tersebar di sekitar muara sungai, muara Segara Anakan, hingga wilayah garis pantai.

4. Kualitas perairan pada tahun 2013-2015 di wilayah kajian penelitian sebagian besar mengalami perubahan ke kualitas yang lebih baik terdiri dari delapan area perubahan dengan perubahan luas terbesar kualitas kelas baik di tahun 2013 dan 2014 menjadi sangat baik di 2015 seluas 4.221,9 ha.

SARAN

1. Kajian *monitoring* kualitas perairan sebaiknya dilakukan pada setiap perubahan musim dalam kurun waktu tertentu atau variasi bulanan pada satu atau beberapa tahun sehingga siklus temporal lebih representatif.
2. Wilayah perairan pesisir memiliki karakteristik yang sangat kompleks dan dinamis karena dipengaruhi faktor perairan sungai dan laut sehingga akan lebih baik jika menggunakan citra penginderaan jauh hiperspektral agar mampu lebih detail dalam mendeteksi setiap perubahan.
3. Penggunaan citra penginderaan jauh dalam kajian *monitoring* sebaiknya lebih memperhatikan aspek temporal dengan tanggal perekaman dan kondisi cuaca saat perekaman yang sama agar hasil akhir mampu mendeskripsikan kondisi sebenarnya dengan lebih baik.
4. Penelitian ini hanya menggunakan tiga parameter kualitas perairan yaitu TSM, CDOM, dan klorofil-a sehingga pada penelitian selanjutnya akan lebih baik jika menggunakan lebih banyak parameter untuk menghasilkan data kualitas perairan pesisir yang lebih representatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Budhiman, S., Hobma, T., Vekerdy, Z. (2004). Remote Sensing for Mapping TSM Concentration in Mahakam Delta: an Analytical Approach. *The Thirteenth Workshop of OMISAR*. Bali, Indonesia.
- Burke, H. K., Misra, B., Hsu, S., Griffin, M. K., Upham, C., Farrar, K. (2002). EO-1 Analysis Applicable to Coastal Characterization. *Journal*. Bellingham: The Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers
- Dewi, R., Zainuri, M., Anggoro, S., Winanto, T. (2016). Analisis Perubahan Lahan Kawasan Laguna Segara Anakan Selama Periode Waktu (1978-2016) Menggunakan Satelit Landsat Multitemporal. *Research Article*. *Omni-Akuatika*, 12 (3): 144-150.
- Griffin, M. K., Hsu, S. M., Burke, H-h. K., Orloff, S. M., Upham, C. A., Misra, B. (2005). Examples of EO-1 Hyperion Data Analysis. *Journal*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Griffin, C. G. (2010). Remote Sensing of Chlorophyll-a in Texas Estuaries. *GIS in Water Resource*. *Journal*.
- Griffin, C. G., Frey, K. E., Rogan, J., Holmes, R. M. (2011). Spatial and Interannual Variability of Dissolved Organic Matter in the Kolyma River, East Siberia, Observed Using Satellite Imagery. *Journal*. America: American Geophysical Union.
- Jerlov, N. G. (1976). *Marine Optics*. The Netherlands: Elsevier, Amsterdam
- Menteri Pekerjaan Umum. (2013). *Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 483 Tahun 2013 Tentang Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Citanduy*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.
- Ritchie, J. C., Zimba, P. V., Everitt, J. H. (2003). Remote Sensing Techniques to Assess Water Quality. *Journal*. America: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.