

PEMANFAATAN CITRA LANDSAT 8 MULTITEMPORAL UNTUK PEMETAAN MUATAN PADATAN TERSUSPENSI PADA MUARA SUNGAI SERAYU JAWA TENGAH

Labib Malik Al Mahdi
labib.malikalmahdi@gmail.com

Hartono
hartono.geografi@ugm.ac.id

Abstract

Land conversion in Dieng, Wonosobo district impacts on increasing the amount of total suspended solids (TSS) at the estuary. This study's aims are to: (1) to assess the ability of Landsat 8 OLI for mapping of the TSS distribution at the Serayu estuary using regression analysis (2) to map and to assess the distribution pattern and variation in the estuary of TSS Serayu river. The method that is used in estimating the TSS use a linear regression analysis between variables of OLI Landsat 8 bands and TSS's actual data. Band of Landsat 8 OLI variables that suitable to concentrations mapping of TSS is using rationing between the green band and the blue band or B3 / B2 with a standard error ± 4.59 mg / l for estimated each pixel's value. Distribution of TSS in 2013 to 2015 is likely lead to the southeast of Serayu estuary due to hydrodynamic conditions such as tides, surface currents and upwelling phenomenon. The MPT distribution has fluctuating pattern but tends to concentration decreasing from year to year.

Keywords: Landsat 8 OLI, suspended solids, patterns of distribution, regression

Abstrak

Alih fungsi lahan pada kawasan Dieng, Kabupaten Wonosobo berdampak pada peningkatan jumlah muatan padatan tersuspensi (MPT) pada muara sungai. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengkaji kemampuan saluran citra Landsat 8 OLI untuk pemetaan distribusi MPT pada muara Sungai Serayu melalui analisis regresi (2) memetakan variasi dan mengkaji pola distribusi MPT pada muara Sungai Serayu. Metode yang digunakan dalam mengestimasi MPT di muara sungai Serayu adalah analisis regresi linier antara variabel saluran Landsat 8 OLI dan data MPT aktual. Variabel saluran Landsat 8 OLI yang sesuai untuk memetakan konsentrasi MPT adalah penisbahan antara saluran hijau dan saluran biru atau B3/B2 dengan kesalahan standar yang dihasilkan $\pm 4,59$ mg/l untuk setiap nilai piksel yang diestimasi. Distribusi MPT 2013 sampai 2015 cenderung mengarah ke perairan tenggara muara Sungai Serayu akibat kondisi hidrodinamika seperti pasang surut, arus permukaan dan fenomena upwelling. Pola distribusi MPT cenderung fluktuatif namun terjadi penurunan konsentrasi dari tahun ketahun.

Kata kunci: Landsat 8 OLI, muatan padatan tersuspensi, pola distribusi, regresi

PENDAHULUAN

Kondisi DAS Serayu saat ini cukup mengkhawatirkan akibat alih fungsi lahan pada kawasan Dieng, Kabupaten Wonosobo. Berdasarkan data pemerintah Kabupaten Banjarnegara tahun 2011 volume lumpur yang dibawa dari dataran tinggi Dieng akibat erosi mencapai 10,7 mm pertahun atau rata-rata sebesar 161 ton perhektar pertahun, sedangkan pendangkalan di bendungan Panglima Sudirman mencapai 60,106 m³ atau 40% dari kapasitas waduk pada musim penghujan. Meningkatnya jumlah muatan sedimen menyebabkan pendangkalan dan penutupan aliran air menuju laut pada muara sungai. Muara sungai merupakan bagian paling bawah dari Daerah Aliran Sungai (DAS) yang berfungsi sebagai pembuangan dan penyaluran materi-materi dalam air, khususnya yang berada di bagian tengah atau wilayah peralihan hulu ke hilir (Ongkosongo, 2010). Muara Sungai Serayu merupakan hilir dari DAS Serayu yang terletak di Kabupaten Cilacap. Muara sungai ini sering mengalami pendangkalan dan penutupan aliran air ketika musim kemarau.

Pembangunan pemecah gelombang di sekitar muara sungai mampu mengurangi dampak penutupan aliran air oleh material sedimen. Akan tetapi, material sedimen yang keluar dari muara sungai dapat terdistribusi ke laut selatan Jawa yang memiliki kondisi oseanografi yang kompleks. Oleh karena itu, pemantauan distribusi MPT pada perairan muara Sungai Serayu sehubungan dengan keberadaan dermaga PLTU Buntan dan Karangandri perlu dilakukan. Data tersebut sangat bermanfaat dalam memberikan informasi dinamika pesisir pantai selatan.

Landsat 8 OLI merupakan citra resolusi menengah yang memiliki sejumlah peningkatan pada kemampuan radiometrik dan penambahan saluran baru coastal/aerosol. Saluran coastal/aerosol diklaim mampu memetakan konsentrasi sedimen tersuspensi pada perairan dekat pantai. Saluran tersebut perlu dikonfirmasi apakah sesuai dengan kondisi perairan Sungai Serayu. Penelitian sebelumnya menunjukkan saluran hijau menghasilkan korelasi yang tinggi pada sedimen tersuspensi. Namun, disisi lain saluran inframerah dekat juga memiliki korelasi yang tinggi pada konsentrasi sedimen. Korelasi yang berbeda antara peneliti menunjukkan saluran

terbaik untuk setiap tempat berbeda satu dengan lainnya.

Ekstraksi MPT menggunakan data penginderaan jauh dihadapkan pada kendala utama yaitu interaksi spektral perairan sangat mudah terpengaruh oleh partikel yang terkandung didalamnya. Normalnya pantulan spektral perairan memiliki puncak pantulan pada spektrum biru namun apabila konsentrasi sedimen meningkat pada perairan maka puncak pantulan spektral bergeser dari spektrum biru ke spektrum hijau hingga inframerah dekat. Penambahan material fitoplankton pada perairan meningkatkan pantulan spektral air pada spektrum hijau sedangkan penambahan material anorganik pada perairan meningkatkan pantulan spektral pada spektrum inframerah dekat.

Penggunaan data Landsat untuk ekstraksi MPT telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Zhou dkk, 2006; Nas dkk, 2010;Zheng dkk, 2015). Zhou dkk (2006) dalam penelitiannya menyatakan saluran Landsat TM4 dan penisban saluran TM4 dan TM1 memiliki korelasi yang signifikan terhadap kandungan Total Suspended Matter (TSM) pada perairan danau dengan konsentrasi fitoplankton yang relatif rendah. Namun apabila konsentrasi fitoplankton tinggi saluran Landsat TM 3 menghasilkan korelasi yang lebih signifikan dibandingkan penisban saluran TM4 dan TM1. Pada penelitian yang dilakukan oleh Nas dkk (2010) korelasi yang cukup kuat ditunjukkan oleh saluran TM 3 terhadap konsentrasi sedimen tersuspensi. Zheng dkk (2015) menyatakan saluran inframerah dekat atau saluran 5 Landsat 8 OLI memiliki korelasi yang kuat dengan TSM pada konsentrasi 4-101 mg/l. Penelitian yang dilakukan oleh Zhou dkk (2006), Nas dkk (2010) dan Zheng dkk (2015) menunjukkan parameter kualitas air yang sama menghasilkan variabel independen yang berbeda. Oleh karena itu, persamaan yang dihasilkan di suatu tempat belum tentu dapat diterapkan di tempat lain. Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengkaji kemampuan saluran citra Landsat 8 OLI untuk pemetaan distribusi MPT pada muara Sungai Serayu melalui analisis regresi.
2. Memetakan variasi dan mengkaji pola distribusi MPT pada muara Sungai Serayu.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini berada di muara Sungai Serayu dan perairan sekitarnya. Batas area kajian secara absolut adalah 109°4'6,365" sampai 109°8'56,648" Bujur Timur dan 7°44'14,857" sampai 7°41'21,649" Lintang Selatan.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

Peralatan Laboratorium;

- Seperangkat laptop.
- Printer HP 1000
- Perangkat lunak pengolah citra ENVI 5.1
- Perangkat lunak ArcGIS 10.3
- Perangkat lunak SPSS 20

Peralatan lapangan

- GPS Garmin 60Csx
- Botol Sampel ukuran 1,5 liter
- Water Sampler untuk mengambil sampel air.
- Tali untuk menarik Water sampler
- Smartphone xiaomi redmi 2.

Bahan-bahan yang digunakan

- Citra Landsat 8 OLI Level 1 T dengan tanggal perekaman 11/8/2013, 28/9/2013, 14/10/2013, 30/8/2014, 15/9/2014, 1/10/2014, 1/8/2015, 18/9/2015, dan 20/10/2015 path 120 row 65.
- Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:25.000 Lembar Cilacap 1308-331 edisi:1-1999 dan Lembar Kroya 1308-332 edisi:1-1999.
- Pasang surut harian yang bersumber dari ioc-sealevelmonitoring.org

Tahapan pertama dalam mencapai tujuan penelitian yaitu teknik pengumpulan data yang terdiri dari persiapan data, kegiatan lapangan dan perolehan MPT. Dalam tahapan persiapan data terbagi kedalam *pre-processing* citra yaitu koreksi radiometrik meliputi konversi DN ke reflektan melalui persamaan (1) kemudian koreksi sudut matahari lokal melalui persamaan (2) dan koreksi atmosferik.

$$\rho\lambda' = M_{\rho}Q_{cal} + A_{\rho} \quad (1)$$

Dimana;

$\rho\lambda'$ = TOA, tanpa koreksi sudut matahari.

M_{ρ} = Faktor pengali yang diperoleh dari metadata

A_{ρ} = Faktor penambah yang diperoleh dari metadata

Q_{cal} = Nilai DN

koreksi sudut matahari lokal dilakukan dengan persamaan berikut.

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SZ})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE})} \quad (2)$$

Dimana;

$\rho\lambda$ = TOA telah koreksi sudut matahari

θ_{SE} = Tinggi sudut matahari lokal

θ_{SZ} = Sudut zenith matahari lokal;

$\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$

Koreksi atmosferik yang ditempuh dalam menghilangkan gangguan atmosfer adalah *dark pixel subtract* dengan pemilihan objek bayangan diantara igir pegunungan sebagai nilai piksel minimum. Koreksi geometrik dalam penelitian ini tidak ditempuh karena citra Landsat 8 OLI memiliki akurasi geometrik global yang tergolong baik.

Citra yang telah melewati tahap *pre-processing* kemudian dilakukan *masking* untuk memperoleh nilai piksel perairan. Operasi tumpang susun citra hasil klasifikasi ISODATA pada bulan pengamatan dari tahun 2013 hingga 2015 dilakukan untuk memperoleh area indikatif sampel lapangan. Setelah area indikatif sampel lapangan diperoleh penentuan titik sampel dilakukan menggunakan metode *stratified random sampling* untuk memperoleh jumlah sampel setiap kelas isodata. Kegiatan lapangan dilakukan sesuai titik sampel untuk kemudian dimasukkan ke laboratorium untuk memperoleh nilai MPT setiap sampel.

Tahapan kedua adalah pemilihan saluran terbaik untuk estimasi MPT menggunakan citra Landsat 8 OLI. Dalam tahapan ini nilai piksel diekstrak sesuai koordinat titik sampel untuk kemudian dilakukan analisis regresi. Terdapat 19 variabel citra yaitu B1, B2, B3, B4, B5, B2/B4, B2/B5, B3/B4, (B5+B4)/(B3+B2), B4/B2, B3/B2, B4/B3, B5/B4, B5/B2, B5/B3, B4/(B2+B3), B1/B5, B2+B3 dan (B2/B4)+B2 yang terdiri dari saluran tunggal, penisbahan dan kombinasi yang akan diuji dalam analisis regresi. Sebelum analisis regresi diterapkan terdapat uji asumsi klasik yaitu uji normalitas data dan uji linieraritas data. Pada uji asumsi klasik terjadi penyederhanaan variabel independen. Penyederhanaan ini berkaitan dengan tahapan dalam pengujian asumsi klasik dimana variabel yang dinyatakan tidak normal maka pengujian linieritas tidak dapat dilakukan. Persamaan yang diperoleh dari

analisis regresi kemudian dilakukan uji akurasi sehingga diperoleh saluran terbaik.

Tahapan ketiga adalah pemetaan distribusi dan analisis pola MPT di muara Sungai Serayu. Analisis pola dilakukan menggunakan metode trajectory dimana setiap kelas MPT tertinggi disajikan kedalam satu muka peta untuk mengetahui perubahan arah dan distribusi selama tahun pengamatan.

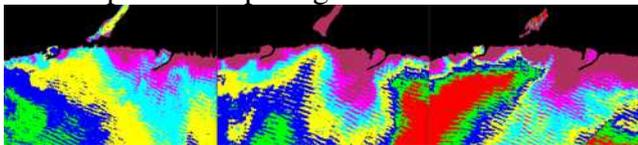
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kemampuan Saluran Citra Landsat 8 OLI untuk Pemetaan Distribusi MPT pada Muara Sungai Serayu Melalui Analisis Regresi

Pembahasan mengenai kemampuan saluran citra Landsat 8 OLI untuk pemetaan distribusi MPT pada Muara Sungai Serayu terdiri dari dua tahapan yaitu perolehan sampel dan analisis regresi. Perolehan sampel dilakukan melalui operasi tumpang susun klasifikasi ISODATA sehingga memperoleh titik sampel indikatif kemudian dilanjutkan kegiatan lapangan untuk pengambilan sampel air. Dari sampel air kemudian diuji laboratorium untuk memperoleh informasi MPT. Analisis regresi dilakukan setelah informasi MPT diperoleh untuk kemudian diekstrak nilai piksel citra sesuai titik sampel. Hasil ekstraksi kemudian diuji normalitas dan linieritas data pada setiap variabel untuk memenuhi syarat uji asumsi klasik pada regresi linier. Setelah ini persamaan regresi setiap variabel dibuat kemudian diuji akurasi menggunakan kesalahan standar untuk memperoleh variabel terbaik.

1. Perolehan Sampel

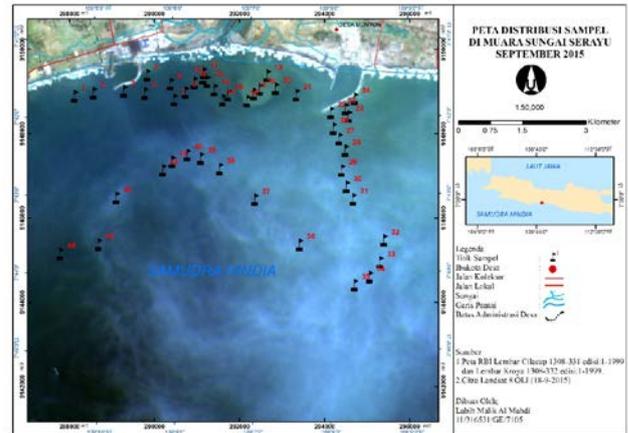
Klasifikasi ISODATA dilakukan pada citra bulan September tahun 2013, 2014 dan 2015 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Klasifikasi ISODATA September tahun 2013, 2014 dan 2015

Diperoleh 7 kelas variasi kondisi perairan berdasarkan hasil klasifikasi ini. Kelas tersebut menunjukkan terdapat 7 kelas piksel perairan yang berbeda pada area kajian. Hasil klasifikasi ini kemudian dilakukan *overlay* untuk

memperoleh area indikatif sampel yang di asumsikan selalu memiliki konsentrasi MPT yang sama setiap tahunnya. Pemilihan titik sampel dari area indikatif tersebut ditempuh menggunakan metode *stratified random sampling*. Berdasarkan metode ini jumlah sampel air yang diambil 45 titik yang terdistribusi di perairan dekat muara Sungai Serayu. Distribusi titik sampel dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Peta distribusi titik sampel hasil overlay Peta klasifikasi ISODATA

Sampel yang telah diperoleh dari kegiatan lapangan kemudian diuji di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta. Nilai MPT yang diperoleh dari pengujian laboratorium berkisar antara 1- 11 mg/l. H

2. Analisis Regresi

Ekstraksi nilai piksel citra dilakukan pada saluran B1 (coastal/aerosol) hingga B5 (inframerah dekat) terhadap 30 titik sampel MPT aktual. Nilai variabel lainnya merupakan turunan (penisbahan dan kombinasi) dari saluran B1 hingga B5.

Analisis regresi linier dapat diterapkan apabila syarat asumsi klasik terpenuhi. Asumsi klasik terdiri dari distribusi data normal dan terjadi kelinieran pada variabel dependen dan independen. Pada uji asumsi klasik terjadi penyederhanaan variabel independen. Penyederhanaan ini berkaitan dengan tahapan dalam pengujian asumsi klasik dimana variabel yang dinyatakan tidak normal maka pengujian linieritas tidak dapat dilakukan.

Pengujian normalitas data dilakukan untuk mengetahui distribusi data apakah sudah

memenuhi syarat distribusi normal atau belum. Teknik yang digunakan dalam uji normalitas data ini adalah *Kolmogorov-Smirnov*.

Tabel 1. Pengujian Normalitas Data

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test												
	MPT	B1	B2	B3	B4	B5	B2/B4	B2/B5	B3/B4	(B5 + B4) / (B3 + B2)	B4/B2	
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mean	5,10	,27463	,25357	,22193	,18957	,16897	1,3396	1,5033	1,1714	,7535	,7471	
Std. Deviation	2,845	,00786	,008349	,010580	,010997	,010627	,03769	,04492	,01406	,01518	,02116	
Most Extreme Differences												
Absolute	,247	,249	,232	,246	,261	,247	,161	,157	,144	,265	,168	
Positive	,247	,249	,232	,246	,261	,247	,147	,139	,093	,265	,168	
Negative	-,190	-,170	-,182	-,119	-,121	-,166	-,161	-,157	-,144	-,148	-,146	
Kolmogorov-Smirnov Z	1,355	1,363	1,271	1,348	1,430	1,350	,880	,859	,788	1,453	,919	
Asymp. Sig. (2-tailed)	,051	,049	,079	,052	,024	,052	,421	,452	,563	,029	,368	

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test												
	B3/B2	B4/B3	B5/B4	B5/B2	B5/B3	B4/B2-B3	B1/B5	B2/B3	B2/B4	B2/B5		
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mean	,8749	,8538	,8915	,6658	,7612	,3984	1,6286	,4755	1,5931			
Std. Deviation	,01829	,01034	,02687	,02047	,02541	,00783	,05324	,01860	,03169			
Most Extreme Differences												
Absolute	,136	,148	,185	,161	,081	,189	,203	,262	,132			
Positive	,136	,148	,111	,161	,081	,189	,160	,262	,095			
Negative	-,112	-,093	-,185	-,147	-,074	-,164	-,203	-,127	-,132			
Kolmogorov-Smirnov Z	,743	,811	1,016	,884	,444	1,038	1,110	1,435	,726			
Asymp. Sig. (2-tailed)	,639	,527	,234	,415	,989	,232	,170	,033	,683			

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.

Terdapat 16 variabel yang dinyatakan normal distribusinya berdasarkan teknik *Kolmogorov-Smirnov* yaitu konsentrasi MPT, B2, B3, B5, B2/B4, B2/B5, B3/B4, B4/B2, B3/B2, B4/B3, B5/B4, B5/B2, B5/B3, B4/(B2+B3), B1/B5 dan (B2/B4)+B2. Melalui pengujian ini diperoleh bahwa saluran *coastal/aerosol* tidak dapat digunakan dalam penyusunan persamaan ekstraksi MPT karena distribusi datanya tidak normal. Kondisi berbeda ditunjukkan oleh penisbanan antara saluran *coastal/aerosol* dengan saluran inframerah dekat dimana variabel tersebut menghasilkan nilai *Asymp. Sig.* 0,170.

Seluruh variabel independen yang dinyatakan normal juga memiliki hubungan linier terhadap konsentrasi MPT berdasarkan analisis ANOVA karena *Sig. deviation from linearity* lebih besar dari 0,05. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rithcie (2003) bahwa hubungan antara nilai spektral dan MPT akan linier jika nilai MPT berkisar 0 hingga 50 mg/l.

Terdapat 15 variabel yang dinyatakan layak untuk dibuat persamaan regresi linier. Setiap variabel independen dibuat persamaan regresinya sehingga diperoleh total 15 persamaan.

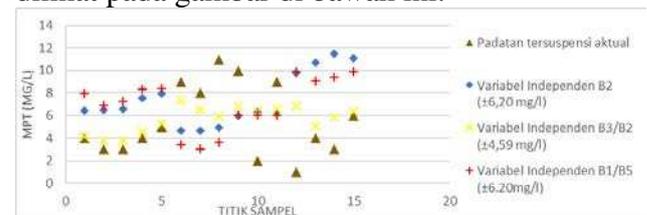
Tabel 2. Perbandingan Persamaan Regresi

No	Variabel	Persamaan	r	R ²
1	B2	MPT = -69,35945+293,73337*B2	0,86	0,74
2	B5	MPT = -32,87402+224,67176*B5	0,84	0,71
3	B1/B5	MPT = 77,21790-44,29846*B1/B5	-0,82	0,68
4	B3	MPT = -42,64870+215,19411*B3	0,80	0,64
5	B5/B2	MPT = -71,63942+115,16672*B5/B2	0,80	0,64
6	B2/B5	MPT = 79,67277-49,62695*B2/B5	-0,78	0,60

7	B4/B3	MPT = -143,57960+174,16587*B4/B3	0,67	0,45
8	B2/B4	MPT = 69,90278-48,32422*B2/B4	-0,65	0,42
9	B4/B2	MPT = -54,35024+79,62085*B4/B2	0,62	0,38
10	B3/B4	MPT = 149,39249-123,18653*B3/B4	-0,58	0,33
11	B4/B2+B3	MPT = -68,31402+183,84146*B4/B2+B3	0,56	0,32
12	B2/B4+B3	MPT = 80,42985-47,31774*B2/B4+B3	-0,53	0,28
13	B3/B2	MPT = -57,59135+71,61998*B3/B2	0,49	0,24
14	B5/B3	MPT = -29,49926+45,38600*B5/B3	0,42	0,18
15	B5/B4	MPT = -9,43583+16,31406*B5/B4	0,16	0,02

Setiap persamaan dilakukan uji akurasi untuk mengetahui tingkat keandalannya. Umumnya persamaan dengan nilai koefisien determinasi tinggi memiliki tingkat kesalahan yang kecil namun pada penelitian ini penisbanan saluran hijau dengan saluran biru atau B3/B2 menghasilkan kesalahan terkecil dengan rata-rata kesalahan sebesar ± 4,59 mg/l, sedangkan kesalahan terbesar diperoleh dari variabel penisbanan B2/B4 dimana hasil prediksi meleset ± 49,46 mg/l.

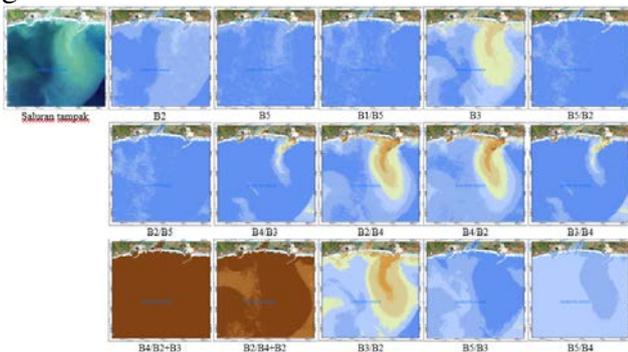
Perbedaan antara hasil penilaian koefisien determinasi dengan kesalahan standar terjadi karena kondisi sampel MPT kurang mewakili distribusi piksel pada seluruh citra. Keadaan ini terjadi karena waktu pengambilan sampel lapangan dengan perekaman citra berbeda satu hari. Perbedaan waktu tidak terlalu berpengaruh signifikan terhadap hasil apabila lokasi kajian terletak pada danau atau waduk ketika musim kemarau (Kloiber dkk, 2002 dalam Nas dkk, 2010). Pengaruh titik sampel dapat dilihat dari grafik kesalahan standar terhadap konsentrasi MPT aktual. Sebagai contoh perbandingan kesalahan standar pada variabel B2, B1/B5 dan B3/B2 yang merupakan variabel terbaik berdasarkan penilaian koefisien determinasi dan penilaian uji akurasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Grafik Kesalahan Standar (SE)

Grafik diatas menunjukkan variabel penisbanan B3/B2 mampu memprediksi dengan baik konsentrasi MPT direntang 4-6 mg/l. Pada

konsentrasi diatas 8 mg/l hasil prediksi cenderung lebih rendah, sedangkan pada konsentrasi dibawah 3 mg/l hasil prediksi cenderung lebih tinggi dari keadaan sebenarnya. Kondisi yang berbeda ditunjukkan oleh variabel saluran B2 maupun penisbahan saluran *coastal/aerosol* dengan inframerah dekat dimana nilai prediksi yang dihasilkan berkebalikan dengan keadaan sebenarnya. Pada variabel ini konsentrasi tinggi terprediksi rendah dan konsentrasi rendah terprediksi tinggi. Pola prediksi yang sama juga ditunjukkan oleh variabel saluran B3 dimana konsentrasi tinggi pada keadaan sebenarnya diprediksi rendah dan begitu juga sebaliknya. Penerapan seluruh persamaan regresi terhadap citra satelit perlu dilakukan untuk mengetahui apakah persamaan terbaik dari hasil uji akurasi memiliki distribusi MPT yang sesuai dengan kenampakan citra satelit. Perbandingan peta hasil penerapan persamaan regresi terhadap citra satelit dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Perbandingan estimasi MPT pada semua variabel dengan kenampakan MPT pada saluran tampak

Dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel penisbahan B3/B2 lebih cocok digunakan untuk pemetaan MPT di muara Sungai Serayu berdasarkan pengamatan grafik kesalahan standar dan penerapan persamaan pada citra satelit. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Novo dkk (1991) dalam Liu dkk (2003) dimana data penginderaan jauh pada panjang gelombang hijau atau merah memiliki korelasi yang kuat pada MPT.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini cukup berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Iswari (2014) dan Ambarwulan (2010). Pada penelitian Iswari (2014) variabel yang berpengaruh terhadap ekstraksi MPT adalah indeks sedimen atau NDSSI, sedangkan pada penelitian Ambarwulan (2010) variabel yang

berpengaruh adalah saluran 6 satelit MERIS (610-630 nm).

Indeks sedimen yang digunakan Iswari (2010) tersusun oleh saluran biru dengan saluran inframerah dekat. Meskipun lokasi penelitian memiliki kesamaan karakteristik pantai dengan penelitian ini namun fokus area kajian yang berbeda membuat respon spektral yang ditangkap sensor satelit juga berbeda. Konsentrasi MPT yang cukup tinggi yaitu 89 mg/l membuat nilai spektral perairan dapat terekam oleh saluran inframerah dekat. Kondisi demikian menjadi wajar karena lokasi kajian yang berada di estuari. Wilayah estuari merupakan tempat dimana air sungai yang membawa MPT dari hulu bertemu dengan air laut. Dominasi arus dan pasang surut pada laut selatan Jawa membuat air sungai yang mengangkut MPT menjadikan sukar untuk keluar dari muara. Hal ini berakibat pada material sedimen mengalami penumpukan di beberapa bagian muara. Selain proses penumpukan, adanya arus pasang surut mengakibatkan pengadukan material yang terendap di dasar sungai sehingga mengalami resuspensi.

Saluran 6 satelit MERIS (610-630 nm) yang digunakan oleh Ambarwulan (2010) tidak bisa dilepaskan dari lokasi kajian yang berbeda antara peneliti. Sungai Berau merupakan salah satu sungai yang memiliki daerah tangkapan luas dengan kondisi bantuan induk yang berbeda dengan lokasi peneliti. Daerah tangkapan yang luas membuat konsentrasi MPT pada area kajian tetap tinggi meskipun musim kemarau. Batuan induk yang berbeda berpengaruh terhadap komposisi MPT. Komposisi MPT seperti ukuran partikel, bentuk dan warna turut serta mengubah pantulan spektral perairan.

B. Pemetaan Distribusi dan Analisis Pola MPT di Muara Sungai Serayu

Kemampuan sinoptic overview pada penginderaan jauh memungkinkan objek yang dinamis seperti konsentrasi MPT di perairan laut dapat dideteksi. Informasi seperti luas dan perubahan pola distribusi secara multitemporal dapat dilakukan oleh data penginderaan jauh. Distribusi MPT pada muara Sungai Serayu diperoleh dari penerapan persamaan terbaik pada citra Landsat 8 OLI bulan Agustus-Oktober tahun 2013-2015. Hasil pengamatan pola

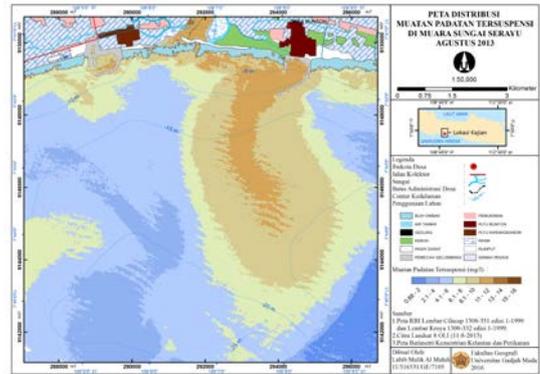
distribusi secara multitemporal dapat menerangkan kondisi perairan daerah kajian melalui perubahan arah dan luasan konsentrasi MPT pada periode pengamatan.

1. Pemetaan Distribusi MPT di Muara Sungai Serayu

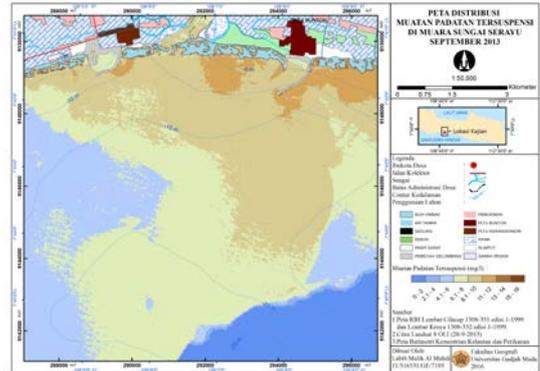
Distribusi MPT pada 11 Agustus 2013 didominasi oleh konsentrasi 4-6 mg/l dengan luas total sebesar 36,50%. Distribusi perairan keruh (konsentrasi 6-8 mg/l) pada bulan ini cenderung menjauh menuju laut pada perairan pemecah gelombang PLTU Buntun. kondisi ini terjadi karena tenaga dari sungai dengan kombinasi arus pasang surut serta arus permukaan membuat distribusi MPT mampu terdorong jauh dari perairan muara sungai. Adanya dorongan dari debit sungai yang keluar dan arus surut serta variasi arus lokal membuat MPT cenderung mengarah ke timur muara sungai. Selain faktor yang telah disebutkan sebelumnya, fenomena *upwelling* disepanjang perairan selatan Jawa hingga perairan Sumba Nusa Tenggara Barat serta *Transport Ekman* di bulan ini turut berperan dalam mendorong konsentrasi MPT hingga jauh dari muara sungai.

Konsentrasi MPT pada 28 September 2013 secara umum terdistribusi merata di perairan sekitar muara. Berbeda dengan bulan sebelumnya konsentrasi 6-8 mg/l pada bulan ini lebih mendominasi area kajian dengan luas total sebesar 31,12%. Pada bulan ini terjadi peningkatan luas distribusi konsentrasi MPT di 6-8 mg/l dan 8-10 mg/l. Peningkatan luasan distribusi ini tidak secara linier diseluruh konsentrasi MPT. Pada konsentrasi MPT 10-12 mg/l mengalami penurunan dibandingkan bulan sebelumnya. Kondisi ini tidak bisa dilepaskan oleh fenomena pasang surut, arus permukaan, *upwelling* dan *Transport Ekman*.

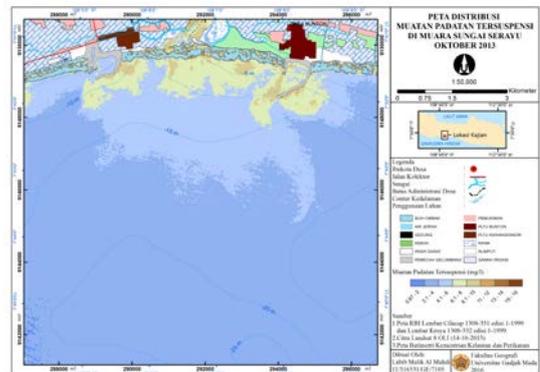
Konsentrasi MPT pada 14 Oktober 2013 mengalami penurunan cukup signifikan. Hal ini dapat dilihat dari luasnya perairan jernih (konsentrasi 2-4 mg/l) yang mendominasi dengan luas total sebesar 77,72% dari area kajian. Kondisi oseanografi seperti pasang surut dan arus permukaan yang cukup tenang pada bulan ini terjadi akibat puncak peralihan musim kemarau menuju musim penghujan.



Gambar 5. Peta Distribusi MPT di Muara Sungai Serayu Agustus 2013.



Gambar 6. Peta Distribusi MPT di Muara Sungai Serayu September 2013.



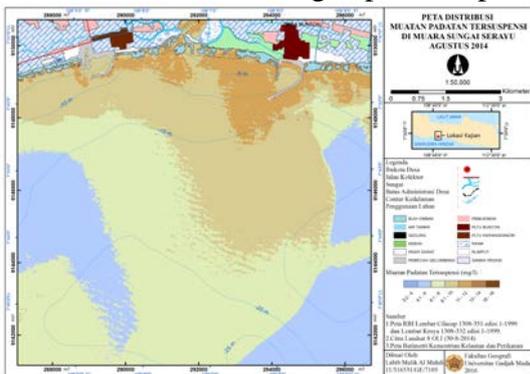
Gambar 7. Peta Distribusi MPT di Muara Sungai Serayu Oktober 2013.

Konsentrasi MPT 30 Agustus 2014 mengalami peningkatan dibanding tahun sebelumnya dibulan yang sama. Peningkatan terlihat pada konsentrasi 6-8 mg/l yang mendominasi area kajian dengan luas total mencapai 40,12%. Tingginya peningkatan luasan ini terjadi karena anomali cuaca di perairan selatan Jawa akibat kondisi perairan di Samudra Hindia masih hangat. Anomali cuaca berdampak pada hujan dari intensitas sedang hingga tinggi yang masih sering turun. Hujan merupakan faktor utama yang berperan terhadap peningkatan jumlah sedimen. Distribusi MPT

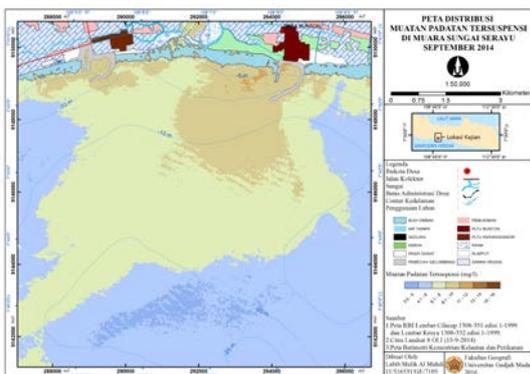
secara umum pada tahun ini cenderung menjauh menuju laut

Konsentrasi MPT 15 September 2014 cenderung mengalami penurunan. Penurunan terjadi pada konsentrasi MPT sedang hingga tinggi. Sebagai contoh konsentrasi 6-8 mg/l yang semula memiliki luas 40,12% dari area kajian menurun luasnya menjadi 36,22%. Distribusi konsentrasi ini juga cenderung berbeda dibanding distribusi pada tahun sebelumnya. Pada tahun 2013 arah distribusi konsentrasi ini mengarah ke perairan timur muara, sedangkan pada bulan ini distribusi MPT mengarah ke barat daya dari muara sungai

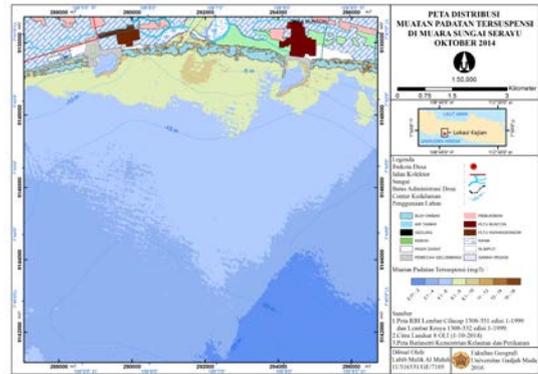
Konsentrasi MPT pada 1 Oktober 2014 mengalami penurunan dibanding bulan yang sama di tahun sebelumnya. Suplai sedimen yang berkurang drastis akibat debit air yang kecil menjadi salah satu faktor penyebabnya. Konsentrasi pada bulan ini secara umum terdistribusi lebih dekat dengan perairan pantai.



Gambar 8. Peta Distribusi MPT di Muara Sungai Serayu Agustus 2014.



Gambar 9. Peta Distribusi MPT di Muara Sungai Serayu September 2014.

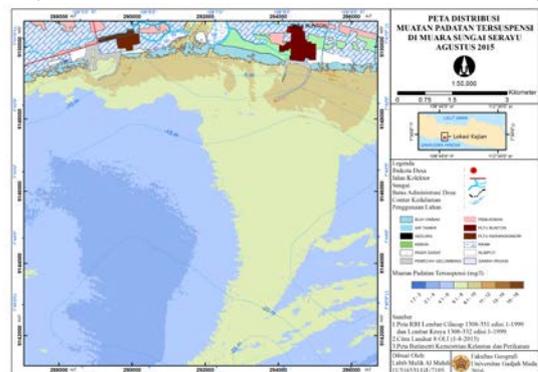


Gambar 10. Peta Distribusi MPT di Muara Sungai Serayu Oktober 2014.

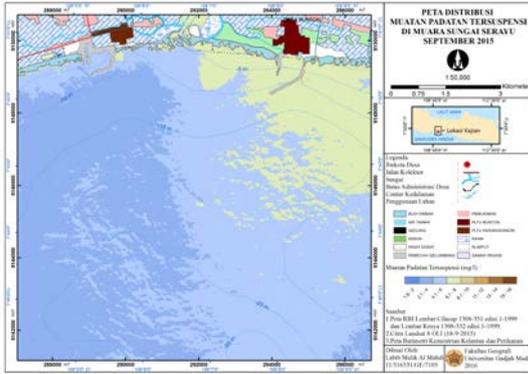
Konsentrasi MPT 1 Agustus 2015 dibanding dua tahun sebelumnya cenderung mengalami penurunan. Hal ini tercermin dari semakin kecil luasan konsentrasi MPT dengan berbagai tingkat kekeruhan. Selain itu, distribusi perairan dengan kategori jernih yang mendominasi pada bulan ini juga menunjukkan suplai material dari Sungai Serayu lebih sedikit dibanding tahun sebelumnya.

Konsentrasi MPT pada 18 September 2015 mengalami penurunan. Luas distribusi perairan jernih yang mencapai 85,67% pada bulan ini menunjukkan suplai material MPT dari Sungai Serayu sedikit akibat tidak adanya hujan yang turun.

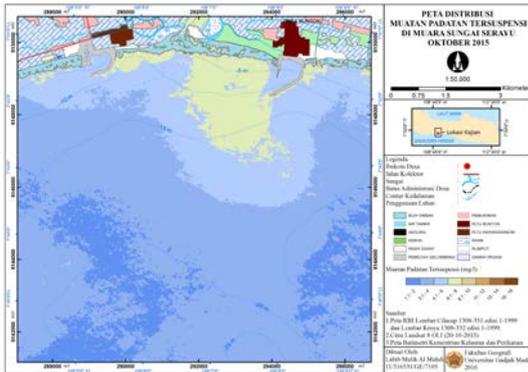
Konsentrasi MPT 20 Oktober 2015 mengalami penurunan yang cukup tinggi dibanding tahun sebelumnya. Luas distribusi perairan yang tergolong jernih pada bulan ini mencapai 93.63 %. Selain itu, indikasi penurunan konsentrasi MPT ditunjukkan oleh penurunan luas distribusi konsentrasi 6-8 mg/l. Pada bulan ini konsentrasi tersebut memiliki luas 6,11 % dan terletak di sekitar muara sungai.



Gambar 11. Peta Distribusi MPT di Muara Sungai Serayu Agustus 2015.



Gambar 12. Peta Distribusi MPT di Muara Sungai Serayu Agustus 2015.



Gambar 13. Peta Distribusi MPT di Muara Sungai Serayu Agustus 2015.

2. Analisis Pola MPT di Muara Sungai Serayu

Kondisi hidrodinamika perairan yang disajikan pada peta statis tunggal *trajectory* tidak seluruhnya seragam. Mengingat keterbatasan citra Landsat 8 OLI dalam merekam fenomena di permukaan bumi yang hanya melakukan perekaman 16 hari sekali pada jam ± 10.00 WIB sehingga kondisi hidrodinamika yang dapat terekam oleh citra hanya sebatas waktu perekaman. Pada periode 2013 dan 2014 kondisi perairan di wilayah kajian mengalami surut. Arus surut memungkinkan distribusi sedimen dapat terdorong jauh dari muara Sungai Serayu sedangkan pada periode 2015 kondisi perairan mengalami pasang pertama. Arus pasang mampu menekan distribusi MPT yang keluar dari muara sungai sehingga distribusinya terkonsentrasi di perairan dekat muara. Pola distribusi MPT cenderung mendekat keperairan pantai dari tahun ke tahun.

Pola distribusi MPT pada bulan Agustus 2013 hingga 2014 mengarah pada tenggara perairan muara Sungai Serayu. Pada tahun 2015 pola distribusi cenderung mengarah ke barat daya muara sungai. Perbedaan pola distribusi ini

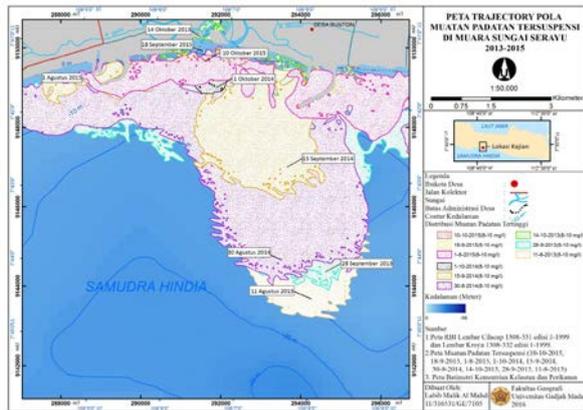
disebabkan oleh arus surut yang terjadi pada tahun 2013 dan 2014. Arus surut membuat distribusi MPT menjauhi muara menuju laut. Pada tahun 2015 kondisi perairan di wilayah kajian mengalami pasang. Arus pasang distribusinya tertahan pada perairan disekitar muara. Distribusi tahun 2013 dan 2014 dapat menjauh menuju laut tidak bisa dilepaskan oleh fenomena *upwelling* dan *Transport Ekman*. Adanya refleksi gelombang laut akibat bangunan pemecah gelombang PLTU Karangandri membuat distribusi MPT dari muara sungai cenderung mengarah keperairan timur menuju perairan PLTU Bunton. Distribusi MPT yang cenderung mengarah keperairan pemecah gelombang PLTU Bunton berpotensi memperpendek umur dermaga. Kondisi batimetri kolam dermaga yang berkisar antara 5 hingga 10 meter dibawah permukaan laut memungkinkan kerentanan terhadap pendangkalan pada kolam dermaga ini jauh lebih tinggi dibanding PLTU Karangandri.

Pola distribusi MPT yang sama juga terjadi pada bulan September. Perbedaan terlihat dari jarak distribusi yang semakin berkurang dari bulan Agustus. Berkurangnya jarak distribusi ini terjadi karena debit sungai yang membawa material sedimen semakin kecil. Pola distribusi yang berbeda terjadi pada bulan Oktober. Perbedaan ini terletak pada arah distribusi yang lebih bervariasi. Hal ini berkaitan dengan periode peralihan antara musim kemarau dan musim hujan dimana arah angin menjadi tidak menentu dan kekuatannya cenderung melemah.

Pola distribusi MPT 2013 sampai 2015 berdasarkan luas area distribusi MPT cenderung fluktuatif dimana pada tahun 2015 distribusinya mengalami penurunan yang cukup besar. Penurunan distribusi MPT yang konstan dari tahun 2013 hingga 2015 ditunjukkan oleh bulan September dan Oktober dimana pada bulan tersebut merupakan puncak dari musim kemarau dan peralihan musim sehingga suplai material tersuspensi semakin berkurang dan kondisi perairan semakin tenang. Pada bulan Agustus tahun 2014 pola distribusi mengalami kenaikan dan menurun drastis pada tahun 2015. Kondisi demikian tidak bisa lepas oleh faktor cuaca dimana pada bulan Agustus tahun 2014 hujan masih sering terjadi.



Gambar 14. Fluktuasi Distribusi MPT Berdasarkan Luasan 2013-2015



Gambar 15. Peta Pola Distribusi MPT di Muara Sungai Serayu 2013-2015

KESIMPULAN

1. Kemampuan citra Landsat 8 OLI yang ditunjukkan oleh akurasi tematik persamaan regresi untuk variabel saluran coastal/aerosol maupun penisbahan saluran coastal/aerosol dengan saluran inframerah dekat tidak sesuai. Variabel saluran citra satelit yang paling sesuai untuk memetakan konsentrasi MPT pada muara Sungai Serayu adalah penisbahan antara saluran hijau dan saluran biru atau B3/B2 dengan akurasi tematik yang ditunjukkan oleh kesalahan standar sebesar $\pm 4,59$ mg/l untuk setiap nilai piksel yang diestimasi.
2. Peta distribusi MPT 2013 sampai 2015 pada skala 1:50.000 menunjukkan distribusi diberbagai tingkat konsentrasi cenderung mengarah ke perairan tenggara muara Sungai Serayu. Akibat kondisi hidrodinamika Samudra Hindia seperti pasang surut, arus permukaan dan fenomena *upwelling* membuat distribusi MPT mampu terdorong jauh kelaut. Pola distribusi MPT cenderung fluktuatif namun terjadi penurunan konsentrasi dari tahun ketahun. Hal ini ditunjukkan oleh jarak terjauh dan luas distribusi MPT yang semakin berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwulan, Wiwin. 2010. Remote Sensing of Tropical Coastal Waters; Stury of The Berau Estuary, East Kalimantan, Indonesia. *Disertasi*. Belanda; ITC
- Iswari, Marindah Yulia. 2014. Aplikasi Citra ALOS AVNIR-2 Untuk Pemetaan Distribusi Muatan Padatan Tersuspensi (Total Suspended Solids) di Muara Sungai Opak Yogyakarta. *Skripsi*. UGM:Yogyakarta.
- Liu, Yansui., Islam, MdAnisul., Gao, dan Jay. 2003. Quantification of shallow water quality parameters by means of remote sensing. *Progress in Physical Geography*. Hal. 24–43.
- Nas, Bilgehan., Ekercin, Semih, Karabörk, Hakan. 2010. An Application of Landsat-5TM Image Data for Water Quality Mapping in Lake Beysehir, Turkey. *Water Air Soil Pollut*. Hal. 183–197.
- Ongkosongo, Otto S.R. 2010. *Kuala Muara Sungai dan Delta*. Jakarta: LIPI.
- Ritchie, J.C., Zimba, P.V., dan Eveirit J.H. 2003. Remote Sensing Techniques to Assess Water Quality. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 69, No. 6, Juni 2003. Hal. 695–704.
- W. Zhou , S. Wang, Y. Zhou dan A. Troy. 2006. Mapping the concentrations of total suspended matter in Lake Taihu, China, using Landsat-5 TM data. *International Journal of Remote Sensing*. Hal. 1177–1191.
- Zheng, Zhubin. , Li, Yunmei., Guo, Yulong., Xu, Yifan., Liu, Ge., Du, Chenggong. 2015. Landsat-Based Long-Term Monitoring of Total Suspended Matter Concentration Pattern Change in the Wet Season for Dongting Lake, China. *Remote Sensing*. hal 13975-13999.