

Aplikasi Citra Sentinel-2 untuk Pemetaan Sebaran Material Padatan Tersuspensi Di Muara Sungai Wulan Demak

Bayu Adi Prasetyo^{*}, Baskoro Rochaddi, Alfi Satriadi

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

^{*}Corresponding author, e-mail : bapbayuofficial@gmail.com

ABSTRAK : Sungai Wulan yang terletak di Kabupaten Demak digunakan masyarakat sebagai jalur keluar dan masuknya kapal nelayan serta saluran pembuangan utama. Hal tersebut berdampak pada besarnya kandungan material padatan tersuspensi yang terdapat pada sungai. Pengamatan sebaran material padatan tersuspensi dibutuhkan untuk mengetahui pola sedimentasi dan penilaian kualitas air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran Material Padatan Tersuspensi di muara Sungai Wulan menggunakan metode pengindraan jauh. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Sentinel-2 dan konsentrasi Material Padatan Tersuspensi hasil uji gravimetri. Pengolahan data menggunakan algoritma Lemigas, Budhiman, Parwati, Laili dan Metode Regresi (Linear, Eksponensial dan Logaritmik). Hasil analisis data menunjukkan bahwa konsentrasi Material Padatan Tersuspensi di sekitar muara relatif rendah, sedangkan konsentrasi yang tinggi terdapat di arah timur muara sungai atau di daerah yang berupa teluk. Algoritma yang memiliki nilai *error* terkecil adalah algoritma Metode Regresi dengan MRE sebesar 10,12% dengan nilai RMSE sebesar 4,3493. Berdasarkan hasil yang didapat, dapat disimpulkan jika algoritma Metode Regresi merupakan algoritma yang paling sesuai untuk pemetaan sebaran Material Padatan Tersuspensi di muara Sungai Wulan, Demak.

Kata Kunci: Material padatan tersuspensi, *Sentinel-2*, *Sungai Wulan*

Distribution Mapping of Total Suspended Solid Using Sentinel-2 Imagery in Wulan River Estuary, Demak

ABSTRACT : *The Wulan River which located in Demak Regency is used by people as an entrance point for fishing boats and the main sewers. These have an impact on the amount of total suspended solid contained in the river. Observation about the distribution of total suspended solid is needed to determine sedimentation patterns and water quality assessments. The purpose of this study is to determine the distribution of total suspended solid at the Wulan River estuary using remote sensing method. The data used in this study is Sentinel-2 satellite imagery and the concentration of total suspended solid from gravimetric test. Processing data using algorithm such as Lemigas, Budhiman, Parwati, Laili and Regression Method (Linear, Exponential and Logarithm). The results of data analysis show that the total suspended solids distribution at the estuary is relatively low, while the high concentration of total suspended solid is found at the east of the river estuary or in the area that form a bay. Algorithm that has the smallest error value is the regression algorithm with MRE value is 10.12% and RMSE value is 4.3493. Based on the results obtained, it can be concluded that the algorithm with regression method is the most suitable algorithm for mapping the distribution of total suspended solid at the mouth of the Wulan River, Demak.*

Keywords: *Total suspended solid, Sentinel-2, Wulan River*

PENDAHULUAN

Sungai Wulan terletak di Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak yang digunakan oleh masyarakat sebagai jalur utama untuk keperluan keluar dan masuknya kapal nelayan serta saluran pembuangan utama. Sungai Wulan memiliki tingkat sedimentasi cukup tinggi yang mampu membentuk delta. Dinamika delta Sungai Wulan dalam kurun waktu tahun 1920 hingga 1946

mengalami perkembangan hingga mencapai panjang 2.200 m dan luasnya menjadi 5,3 km² atau 0,25 km/tahun (Jiyah *et al.*, 2017). Delta Sungai Wulan juga mengalami sedimentasi dan abrasi yang cukup signifikan dalam perkembangannya dari tahun 1994 hingga tahun 2015 (Putri *et al.*, 2017).

Kondisi sedimentasi di suatu perairan dapat diketahui melalui seberapa besar kisaran Material Padatan Tersuspensi (MPT) di wilayah tersebut (Jiyah *et al.*, 2017). Kandungan MPT juga termasuk dalam indikator untuk penilaian kualitas air. Konsentrasi MPT yang tinggi dapat mereduksi penetrasi cahaya terhadap air sehingga berdampak pada berkurangnya produksi utama dari fitoplankton (Qanita *et al.*, 2019).

Gambaran sebaran MPT umumnya diperoleh melalui pengukuran secara langsung di lokasi tersebut. Metode pengukuran langsung dirasa kurang efisien, karena memakan banyak waktu maupun biaya dan hanya dapat mengetahui satu titik informasi dalam satu kali pengukuran. Pemanfaatan citra penginderaan jauh merupakan pilihan alternatif yang tepat untuk memetakan sebaran MPT. Teknologi penginderaan jauh dijadikan pilihan alternatif dikarenakan teknologi tersebut mencakup area yang sangat luas, praktis dan pengamatannya dapat dilakukan secara periodik (Bobsaid dan Jaelani, 2017).

Sebaran MPT dapat diamati menggunakan citra satelit dengan mentransformasikan algoritma yang mampu mengubah nilai piksel menjadi nilai pendugaan konsentrasi MPT (Utami *et al.*, 2016). Citra Sentinel-2 merupakan citra satelit resolusi tinggi dengan resolusi spasial hingga 10 m.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran MPT di muara Sungai Wulan menggunakan citra satelit Sentinel-2. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan metode alternatif dalam pengamatan kualitas perairan khususnya untuk pengamatan MPT. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi sumbangan pemikiran dalam penerapan teknologi penginderaan jauh di bidang kelautan ataupun pedoman bagi *stakeholder* dalam upaya pengelolaan kawasan pesisir terutama di lingkup daerah kajian penelitian tersebut.

MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak yang berada pada daerah dengan koordinat 110°29'49" BT sampai 110°34'47" BT dan 6°41'4" LS sampai 6°46'12" LS. Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan *stratified random sampling*. Penentuan titik lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan cara membagi area sampling menjadi 4 kelas berdasarkan pengolahan konsentrasi MPT citra Sentinel-2 perekaman 4 Mei 2019. Jumlah sampel yang diambil yakni sebanyak 18 sampel dengan sedikitnya 3 sampel yang mewakili setiap kelas. Sampel sedimen yang tersuspensi diambil menggunakan botol nansen atau *water sampler* (Atmojo, 2011). Konsentrasi MPT yang terkandung dalam sampel dapat diketahui dengan menggunakan metode gravimetri. Massa sedimen tersuspensi pada sampel air laut dapat diketahui dengan menimbang selisih berat kering kertas saring setelah dan sebelum dilakukan filtrasi (Poerbandono dan Djunarsah, 2005). Data penginderaan jauh yang direkam umumnya merupakan data mentah (*raw data*), sehingga perlu dilakukan pengolahan secara digital. Tahap koreksi geometrik pada penelitian ini tidak dilakukan karena citra Sentinel-2 level 2A sudah terkoreksi geometrik. Kanal yang digunakan juga memiliki resolusi spasial yang sama yakni 10 m. Koreksi radiometrik tidak dilakukan pada citra satelit Sentinel-2 level 2A, karena produk level 2A sudah terkoreksi radiometrik dan memiliki nilai reflektansi *Bottom of Atmosphere* (Gatti dan Bertolini, 2015).

Pemisahan objek (*Masking*) pada citra satelit yaitu memberikan nilai nol untuk objek yang bukan berupa laut. *Masking* citra antara perairan dan daratan ini dimaksudkan agar nilai spektral yang digunakan dalam proses interpretasi tidak dipengaruhi oleh nilai spektral dari daratan. *Masking* dilakukan dengan menggunakan kanal *Near Infrared* (NIR). Penajaman citra merupakan proses dalam pengolahan citra satelit penginderaan jauh untuk memberikan tampilan tertentu pada citra sehingga citra tersebut mempunyai tampilan yang lebih informatif. Penajaman citra dilakukan dengan mentransformasikan nilai spektral menjadi konsentrasi MPT menggunakan formula yang diturunkan dari algoritma empiris.

Algoritma yang digunakan adalah algoritma Lemigas (Pahlevi, 2010), Budhiman (Indeswari *et al.*, 2018), Parwati (Indeswari *et al.*, 2018), Laili (Qanita *et al.*, 2019) dan Metode Regresi yang selanjutnya disebut dengan algoritma LEL. Algoritma Lemigas menggunakan kombinasi kanal merah dan kanal hijau, Budhiman menggunakan kanal merah sebagai input utama, Laili menggunakan kombinasi kanal biru dan kanal merah, Parwati menggunakan kanal merah sebagai input utama. Algoritma LEL menggunakan persamaan yang diperoleh melalui analisis regresi antara nilai piksel pada kanal yang diuji dengan data MPT lapangan hasil uji laboratorium. Kanal yang digunakan yaitu kanal biru, hijau, merah dan NIR yang terdiri atas kanal tunggal dan kombinasi masing-masing kanal dengan operasi matematika sederhana (penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian). Persamaan algoritma Metode Regresi diperoleh melalui pendekatan secara linear, eksponensial dan logaritmik. Hasil terbaik dari analisis regresi adalah kombinasi penjumlahan antara kanal hijau dan merah dengan metode eksponensial dengan koefisien determinasi sebesar 0,9336 yang digunakan untuk mewakili algoritma LEL.

Tabel 1. Persamaan Algoritma Penduga Konsentrasi MPT

Algoritma	Persamaan
Lemigas	$MPT (mg/l) = 10,6678 + (0,55085 \times Rrs(\lambda4)) + (0,04563 \times Rrs(\lambda4)^2) + (0,00977 \times Rrs(\lambda3) \times Rrs(\lambda4))$
Budhiman	$MPT (mg/l) = 8,1429 \times \exp^{(23,704 \times Rrs(\lambda4))}$
Laili	$MPT (mg/l) = 31,420 \times \left(\frac{\log Rrs(\lambda2)}{\log Rrs(\lambda4)} \right) - 12,719$
Parwati	$MPT (mg/l) = 3,323 \times \exp(34,099 \times Rrs(\lambda4))$
Metode Regresi (LEL)	$MPT (mg/l) = 3,7321 \times \exp(12,543 \times (Rrs(\lambda3) + Rrs(\lambda4)))$

Keterangan: *MPT* = Material Padatan Tersuspensi; *Rrs*(λ2)= Nilai reflektan kanal biru; *Rrs*(λ3) = Nilai reflektan kanal hijau; *Rrs*(λ4) = Nilai reflektan kanal merah

Uji Validasi Hasil Pendugaan Algoritma dengan Sampel Lapangan

Validasi data citra merupakan proses statistik yang berguna untuk mengetahui perbandingan antara data model dengan data lapangan. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemiripan antara data model dengan data yang diperoleh di lapangan (Allen *et al.*, 2007 dalam Jing *et al.*, 2013). Nilai kebenaran data dapat diketahui dengan menghitung seberapa besar error (kesalahan) pada data yang didapat. Nilai kesalahan dapat dihitung dengan rumus *Relative Error* (RE), *Mean Relative Error* (MRE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE).

Uji Validasi	Persamaan
<i>Relative Error</i>	$RE = \frac{ x_m - x_e }{x_m} \times 100$
<i>Mean Relative Error</i>	$MRE = \frac{1}{n} \sum \frac{ x_m - x_e }{x_m} \times 100$
<i>Root Mean Square Error</i>	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_m - x_e)^2}{n}}$

Keterangan: *x_m* = Nilai hasil pengukuran yang dianggap benar; *x_e* = Nilai hasil pengolahan; *n* = Jumlah data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis gravimetri menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada stasiun 18 dengan konsentrasi MPT sebesar 67 mg/l. Nilai terendah terdapat pada stasiun 1, 8 dan 12 dengan konsentrasi MPT sebesar 13,33 mg/l (Tabel 2).

Berdasarkan hasil pengolahan data citra satelit (Gambar 2), konsentrasi Material padatan tersuspensi pada setiap stasiun untuk algoritma Lemigas berada pada rentang 10,67 mg/l hingga 10,72 mg/l, algoritma Budhiman berada pada rentang 10,77 mg/l hingga 76,09 mg/l, algoritma Laili

berada pada rentang 8,81 mg/l hingga 23,85 mg/l, algoritma Parwati berada pada rentang nilai 4,96 mg/l hingga 84,55 mg/l, sedangkan algoritma LEL berada pada rentang 6,66 mg/l hingga 68,44 mg/l.

Tabel 2. Nilai MPT Hasil Uji Laboratorium

Stasiun	Lintang	Bujur	Konsentrasi (mg/l)
1	6° 44' 51,81" S	110° 32' 19,29" E	13,33
2	6° 44' 42,96" S	110° 31' 59,74" E	26,67
3	6° 44' 25,98" S	110° 32' 12,45" E	40
4	6° 44' 17,47" S	110° 32' 25,28" E	26,67
5	6° 44' 05,74" S	110° 32' 38,71" E	40
6	6° 43' 54,85" S	110° 32' 45,89" E	40
7	6° 43' 45,08" S	110° 32' 58,18" E	40
8	6° 44' 02,82" S	110° 32' 15,06" E	13,33
9	6° 44' 09,07" S	110° 32' 05,23" E	26,67
10	6° 44' 15,25" S	110° 31' 58,66" E	40
11	6° 44' 29,73" S	110° 31' 48,19" E	40
12	6° 44' 19,10" S	110° 31' 17,07" E	13,33
13	6° 44' 02,52" S	110° 31' 27,43" E	26,67
14	6° 43' 54,08" S	110° 31' 45,95" E	40
15	6° 44' 30,70" S	110° 32' 51,08" E	53
16	6° 44' 41,08" S	110° 32' 37,45" E	53
17	6° 44' 38,23" S	110° 32' 53,16" E	40
18	6° 44' 34,87" S	110° 33' 00,02" E	67

Tabel 3. Nilai Konsentrasi Hasil Pendugaan Tiap Algoritma

Stasiun	Konsentrasi MPT (mg/l)					
	Lapangan	Lemigas	Budhiman	Laili	Parwati	LEL
1	13,33	10,69	16,98	14,25	9,56	14,79
2	26,67	10,69	24,11	13,61	15,84	25,69
3	40	10,70	29,29	13,87	20,95	31,48
4	26,67	10,70	28,20	13,36	19,84	31,09
5	40	10,70	34,00	13,51	25,97	38,33
6	40	10,70	34,82	13,08	26,87	39,90
7	40	10,71	45,09	14,75	38,97	49,57
8	13,33	10,68	16,04	12,36	8,81	15,48
9	26,67	10,69	22,09	13,42	13,96	23,09
10	40	10,70	37,74	14,15	30,18	43,45
11	40	10,70	33,21	13,74	25,10	37,01
12	13,33	10,68	15,81	11,45	8,63	13,69
13	26,67	10,69	21,88	13,27	13,77	22,80
14	40	10,70	35,83	13,52	28,00	40,50
15	53	10,72	72,09	18,00	76,55	61,81
16	53	10,71	55,81	16,48	52,97	51,08
17	40	10,71	44,24	16,24	37,92	38,28
18	67	10,72	64,34	17,25	64,99	60,28

Tabel 4. Nilai Kesalahan Relatif Pendugaan Algoritma pada Tiap Stasiun

Stasiun	Lemigas	Budhiman	Laili	Parwati	LEL
1	0,1986	0,2734	0,0689	0,2827	0,1287
2	0,5990	0,0957	0,4897	0,4060	0,0653
3	0,7326	0,2678	0,6533	0,4762	0,0748
4	0,5989	0,0574	0,4990	0,2560	0,1024
5	0,7325	0,1499	0,6622	0,3507	0,1272
6	0,7324	0,1295	0,6730	0,3282	0,1458
7	0,7323	0,1272	0,6313	0,0257	0,0994
8	0,1987	0,2030	0,0730	0,3391	0,0351
9	0,5991	0,1717	0,4968	0,4764	0,0454
10	0,7324	0,0564	0,6463	0,2456	0,1512
11	0,7325	0,1698	0,6564	0,3725	0,1144
12	0,1967	0,1890	0,1391	0,3509	0,1345
13	0,5991	0,1795	0,5023	0,4835	0,0422
14	0,7324	0,1044	0,6619	0,3001	0,1306
15	0,7989	0,3525	0,6622	0,4363	0,1426
16	0,7991	0,0464	0,6911	0,0068	0,0847
17	0,7323	0,1060	0,5940	0,0519	0,1347
18	0,8401	0,0397	0,7425	0,0299	0,0631

Berdasarkan hasil perhitungan error di seluruh stasiun, pada stasiun 15 terbilang memiliki error tinggi, Nilai error yang tinggi diduga disebabkan oleh adanya tambak budi daya kerang di sekitar stasiun. Hal tersebut diduga dipengaruhi oleh resolusi spasial citra satelit di mana nilai reflektan yang terekam satelit masih mendapat pengaruh objek lain dalam satu piksel atau dapat dikatakan jika nilai reflektan yang terekam bukan murni nilai reflektansi perairan ataupun konsentrasi sedimen tersuspensi. Setiap piksel akan mewakili satu informasi suatu citra, maka semakin kecil ukuran terkecil yang dapat direkam oleh suatu sistem sensor, berarti sensor itu semakin baik karena dapat menyajikan data dan informasi yang semakin rinci (Oktaviani dan Yarjohan, 2016). Nilai error yang tinggi juga dapat disebabkan oleh adanya pengaruh awan ataupun kabut (haze) yang terekam pada citra. Hal tersebut membuat nilai spektral yang terekam satelit masih mendapat pengaruh dari awan ataupun kabut melainkan bukan murni reflektan dari perairannya. Hal ini diperkuat pernyataan Utami et al. (2016) yang menyebutkan bahwa awan ataupun kabut dapat mempengaruhi nilai spektral yang diterima citra karena keakuratan data citra akan menurun apabila citra satelit mengalami gangguan.

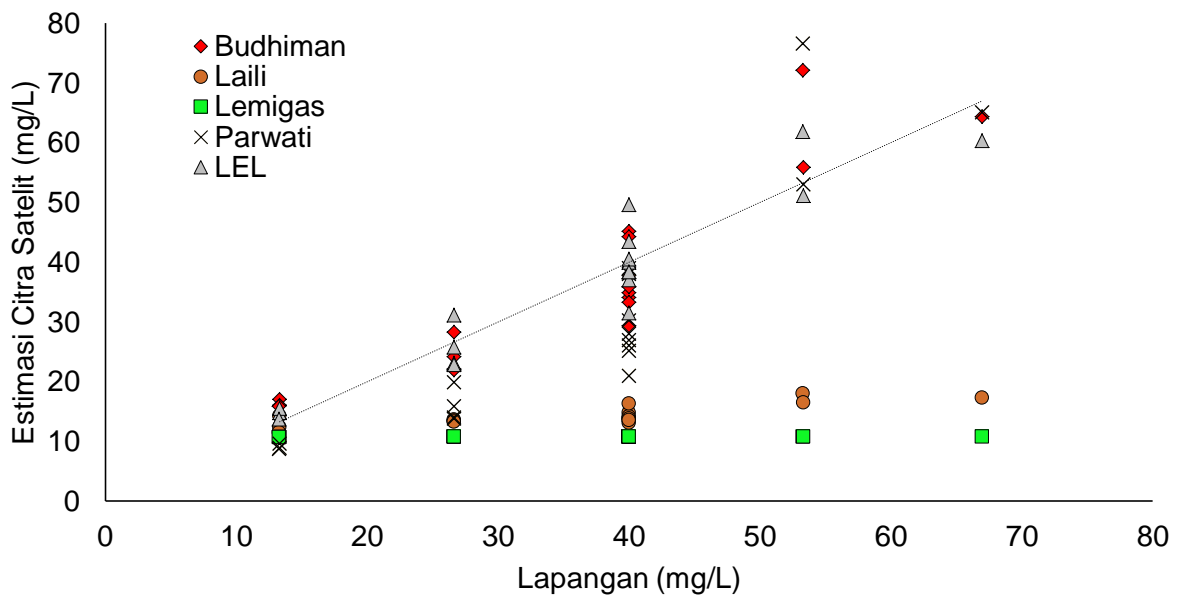
Uji akurasi dilakukan dengan menghitung nilai akurasi yang diperoleh dari data hasil pendugaan citra satelit dan hasil uji laboratorium sampel lapangan. Atmojo (2011) menyatakan bahwa, verifikasi model dan nilai MRE masih dapat diterima jika masih berada di dalam batas 40%. Hasil perhitungan nilai error yang dilakukan menunjukkan bahwa algoritma LEL paling bagus dalam menduga nilai konsentrasi Material padatan tersuspensi di mana algoritma tersebut memiliki nilai kesalahan sebesar 10,12% dan nilai RMSE 4,3493 (Tabel 5) serta distribusi data yang mendekati linear (Gambar 1).

Nilai kesalahan yang cukup kecil dapat diperoleh melalui beberapa kombinasi antara kanal merah dengan hijau. Pada algoritma Budhiman dan Parwati menggunakan reflektan kanal merah sebagai input utama untuk menduga konsentrasi Material padatan tersuspensi, sedangkan pada algoritma LEL menggunakan kombinasi penjumlahan antara reflektan kanal merah dengan hijau. Algoritma Laili menggunakan kombinasi antara reflektan kanal merah dan biru namun hasil yang didapat terbilang cukup jauh dengan nilai rata-rata kesalahan sebesar 53%, sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan kanal biru tidak cocok dipakai untuk menduga konsentrasi di wilayah kajian. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Al Mahdi (2017) di mana data pengindraan jauh pada panjang gelombang kanal merah dan kanal hijau memiliki korelasi yang kuat dengan

Material padatan tersuspensi. Karakteristik spektral kanal biru digunakan untuk pemantauan ekosistem perairan, khususnya untuk pemetaan batimetri dan eliminasi unsur-unsur akuatik yang ada perairan. Kanal hijau memiliki karakteristik yang hampir serupa dengan kanal biru, namun banyak digunakan untuk studi kehijauan vegetasi. Kanal merah yang memiliki kemampuan menyerap seluruh cahaya merah digunakan untuk membedakan vegetasi dan tanah.

Hasil pendugaan citra satelit menunjukkan jika konsentrasi Material padatan tersuspensi di sekitar mulut muara terbilang rendah, yakni berkisar antara 11 mg/l hingga 30 mg/l. Hal ini diduga disebabkan karena perekaman citra dilakukan pada pukul 02:35 UTC atau sekitar pukul 9:30 WIB di mana berdasarkan data pasang surut Badan Informasi Geospasial (tides.big.go.id/pasut), waktu perekaman citra tersebut dilakukan pada saat kondisi pasang menuju surut. Kondisi pasang menuju surut diduga membuat konsentrasi Material padatan tersuspensi di wilayah muara sungai lebih sedikit, penyebabnya ialah arus dari debit sungai dan arus pasut yang mengarah ke laut membuat Material padatan tersuspensi lebih banyak dilepaskan di laut. Satriadi dan Widada (2004) menyebutkan jika pasang tinggi dapat membawa Material padatan tersuspensi jauh sampai ke hulu sehingga secara langsung mempengaruhi jumlah atau kandungan Material padatan tersuspensi di daerah tersebut. Sebaliknya pada saat surut, kondisi air yang relatif tenang mempengaruhi penyebaran sedimen tersuspensi ke laut lepas.

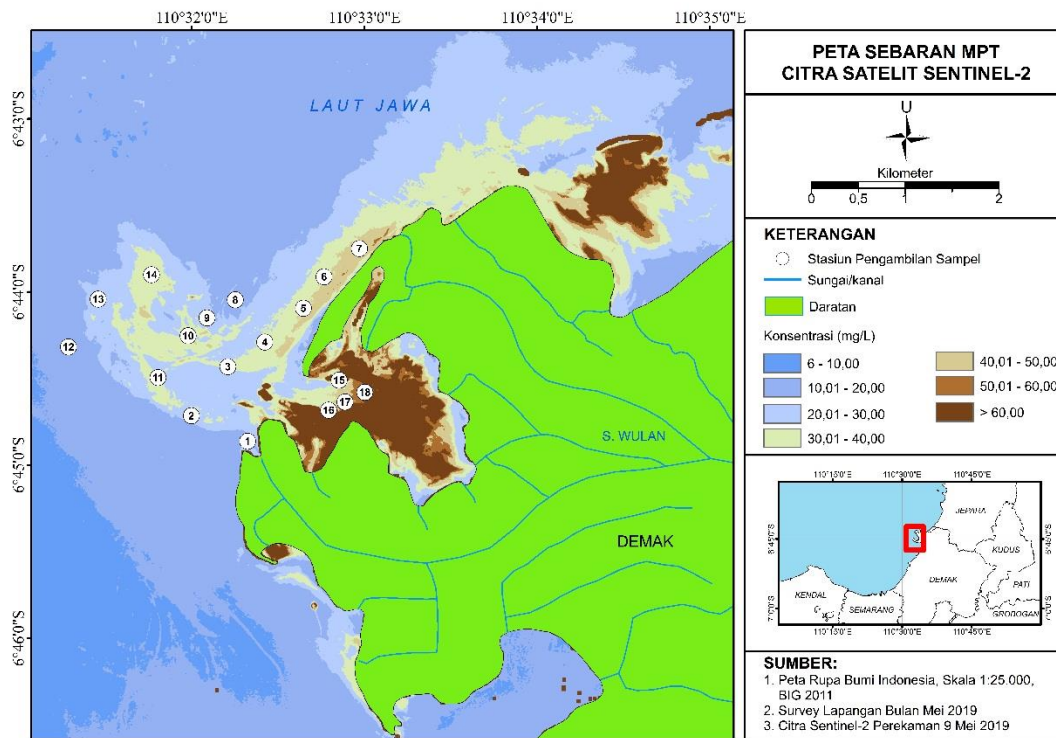
Konsentrasi Material padatan tersuspensi yang tinggi pada daerah teluk umumnya disebabkan karena morfologi teluk dan kondisi perairan pada waktu perekaman citra diduga membuat kecepatan arus dalam teluk relatif tenang. Daerah teluk di perairan muara sungai Wulan merupakan celah yang cukup sempit di mana teluk tersebut merupakan daerah yang terlindung sehingga diduga arus di daerah teluk memiliki kecepatan yang relatif rendah. Kecepatan arus yang



Gambar 1. Grafik Perbandingan MPT Sampel Lapangan dengan MPT Algoritma.

Tabel 5. Nilai Akurasi Hasil Pendugaan Algoritma

Algoritma	MRE (%)	RMSE	R ²
Lemigas	62,71	28.5827	0.905
Budhiman	15,11	6.3942	0.8362
Laili	53,02	24.8966	0.6147
Parwati	28,99	11.2855	0.7846
LEL	10.12	4.3493	0.9003



Gambar 2. Peta Sebaran MPT Citra Sentinel-2 9 Mei 2019.

rendah di bagian dalam teluk menyebabkan sedimen tersuspensi pada daerah teluk di wilayah muara Sungai Wulan tidak terangkut ke wilayah lain yang lebih jauh. Hal tersebut diperkuat oleh pernyataan Ondara dan Husrin (2017) yang menyebutkan bahwa kecepatan arus yang cukup tenang di dalam teluk menjadikan kawasan teluk cenderung sulit tertransportasi dan rentan terhadap tingginya sedimentasi.

Hasil pendugaan citra satelit juga menunjukkan jika sebaran Material padatan tersuspensi lebih banyak berada di sebelah utara dan timur muara dibandingkan di sebelah barat ataupun barat daya dari muara sungai. Kondisi tersebut diduga dipengaruhi oleh arus permukaan di wilayah perairan Teluk Semarang yang bergerak dari arah barat menuju timur berdasarkan observasi dan pengolahan data Copernicus-Globcurrent (marine.copernicus.eu) perekaman tanggal 9 Mei 2019. Pergerakan arus sebagai pengangkut Material padatan tersuspensi juga dapat mempengaruhi pola sebaran material sedimen. Pergerakan arus dari barat ke timur menyebabkan massa air beserta Material padatan tersuspensi tertransportasi menuju ke arah timur. Hal ini sesuai dengan pernyataan Setiady dan Faturachman (2007) yang menyebutkan jika perpindahan sedimen pantai dapat diakibatkan oleh arus sungai, gelombang, arus pasang surut, angin. Kecepatan dan arah arus dapat mempengaruhi konsentrasi Material padatan tersuspensi di lokasi tersebut, arus dengan kecepatan lebih besar dapat mengangkut material sedimen dengan ukuran butir lebih besar dan sebaliknya dengan arus yang memiliki kecepatan lebih rendah.

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi kanal hijau dengan merah pada citra Sentinel-2 memiliki hasil yang paling baik untuk memetakan sebaran material padatan tersuspensi di mana algoritma yang paling sesuai digunakan di Muara Sungai Wulan adalah algoritma Metode Regresi (Algoritma LEL) dengan nilai MRE sebesar 10,12% dan RMSE 4,3493. Berdasarkan hasil pendugaan citra satelit Sentinel-2 dapat disimpulkan bahwa sebaran Material padatan tersuspensi di Muara Sungai Wulan memiliki konsentrasi berkisar antara 6,66 mg/l hingga 68,44 mg/l, di mana konsentrasi dan arah sebarannya dipengaruhi oleh kondisi arus dan pasang surut di Muara Sungai Wulan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Mahdi, L.M. 2017. Pemanfaatan Citra Landsat 8 Multitemporal Untuk Pemetaan Muatan Padatan Tersuspensi Pada Muara Sungai Serayu Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*, 6(2):1-10
- Atmojo, W. 2011. Studi Penyebaran Sedimen Tersuspensi Di Muara Sungai Porong Kabupaten Pasuruan. *Buletin Oseanografi Marina*, 1: 60-81
- Bobsaid, W.M. & Jaelani, L.M. 2017. Studi Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 dan Sentinel-2A (Studi Kasus Perairan Pulau Poteran dan Gili Iyang, Madura). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2):564-569
- Gatti, A. & Bertolini, A. 2015. Sentinel-2 Products Specification Document, <https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2-Product-Specifications-Document>.
- Hanggara, I., Montarich, L. & Sisinggih, D. 2015. Analisa Peramalan Debit Sungai Menggunakan Metode Arima (Auto Regressive Integrated Moving Average) di Sungai Brantas Hulu. *Jurnal Teknik Pengairan*, 6(2):197-205
- Indeswari, L., Hariyanto, T. & Pribadi, C.B. 2018. Pemetaan Sebaran Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Citra Landsat Multitemporal dan Data In Situ (Studi Kasus Perairan Muara Sungai Porong, Sidoarjo). *Jurnal Teknik ITS*, 7(1):71-76
- Jiyah, B. Sudarsono & Sukmono, A. 2017. Studi Distribusi Total Suspended Solid (Tss) di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro*, 6(1):41-47
- Oktaviani, A. & Yarjohan. 2016. Perbandingan Resolusi Spasial, Temporal dan Radiometrik Serta Kendalanya. *Jurnal Enggano*, 1(2):74-79
- Ondara, K. & Husrin, S. 2017. Karakteristik Gelombang Pecah dan Analisis Transpor Sedimen di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(2): 585-596
- Pahlevi, A.M. 2010. Analisa Sedimentasi Di Muara Kali Porong Akibat Pembuangan Lumpur Lapindo Menggunakan Data Citra Satelit Aster. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 16(2):23-42
- Poerbandono & Djunarsah, E 2005. *Survei Hidrografi*. Refika Aditama. Bandung
- Putri, S.S., Muskananfolo, M.R. & Hendrarto, B.. 2017. Kajian Perubahan Spasial Delta Wulan Demak dalam Pengelolaan Keberlanjutan Wilayah Pesisir. Dalam: *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan ke-VI* di Semarang Tanggal 12 November 2016. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, Semarang. 271-276.
- Qanita, H., Subiyanto, S. & Haniáh. 2019. Analisis Distribusi Total Suspended Solid Dan Kandungan Klorofil-A Perairan Banjir Kanal Barat Semarang Menggunakan Citra Landsat 8 Dan Sentinel-2a. *Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro*, 8(1):435-445
- Satriadi, A. & Widada, S. 2004. Distribusi Muatan Padatan Tersuspensi di Muara Sungai Bodri, Kabupaten Kendal. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 9(2):101-107
- Setiady, D. & Faturachman, A. 2007. Proses Sedimentasi Sungai Kalijaga, dan Sungai Sukalila Perairan Cirebon. *Jurnal Geologi Kelautan*, 5(1):37-43
- Utami, F.P., Prasetyo, Y. & Sukmono, A., 2016. Analisis Spasial Perubahan Luasan Mangrove Akibat Pengaruh Limpasan Sedimentasi Tersuspensi Dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Segara Anakan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1):305-315.