

Karakterisasi Spektral Sedimen Tersuspensi di Perairan Muara Sungai Kota Makassar Menggunakan Citra Sentinel 2A

The spectral characterisation of suspended sediment at Makassar River
Estuaries using Sentinel 2A Imagery

Muhammad Banda Selamat^{1*}, Marzuki Ukkas¹, Muhammad Farid Samawi¹

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan,-Universitas Hasanuddin,
Jl. P. Kemerdekaan km 10, Makassar

*Corresponding author: mbandas2006@yahoo.com

ABSTRAK

Keberlangsungan hidup terumbu karang di pesisir dapat terganggu dengan tingginya sedimen tersuspensi di perairan. Kota Makassar memiliki dua muara sungai besar, yaitu Sungai Tallo di sebelah Utara dan Sungai Jeneberang di Selatan. Kedua sungai ini berkontribusi pada kondisi kekeruhan perairan yang tinggi terutama pada saat musim penghujan. Ekosistem terumbu karang dan padang lamun di pesisir kota Makassar dapat terancam dengan situasi ini sehingga perlu dilakukan upaya pemantauan sebaran sedimen tersuspensi secara berkala. Sentinel 2A adalah salah satu satelit penginderaan jauh yang memiliki resolusi spasial dan temporal yang tepat untuk kegiatan pemantauan lingkungan pesisir. Sampling TSS (*total suspended solid*) telah dilakukan di muara Sungai Tallo dan Jeneberang pada waktu yang bersesuaian dengan satelit melintas yaitu pada tanggal 6 dan 21 Maret 2019. Sampel TSS di ambil menggunakan *van doorn water sampler* pada kedalaman *secchi disk* dan selanjutnya dianalisis di laboratorium. Arah dan kecepatan arus ditreking menggunakan *GPS drifter*. Hasil analisa laboratorium memperlihatkan TSS hasil sampling di Muara Sungai Tallo berkisar antara 53,8 mg/l hingga 103,4 mg/l dengan rata-rata $68,8 \pm 16,7$ mg/l. Kadar TSS di Muara Sungai Jeneberang adalah antara 44,2 mg/l hingga 69,1 mg/l dengan rata-rata $52,7 \pm 8,1$ mg/l. Kedalaman *secchi disk* pada saat sampling di Muara Sungai Tallo adalah $1,4 \pm 0,6$ m dan di Muara Sungai Jeneberang adalah $0,8 \pm 0,4$ m. Pola spektral TSS di muara Sungai Tallo berbeda dengan di muara Sungai Jeberang sehingga algoritma citra satelit yang digunakan untuk pemantauan kedua muara sungai ini secara spesifik juga berbeda.

Kata kunci : total suspended solid, Sentinel 2A, Jeneberang, Tallo, Makassar

Pendahuluan

Tingginya konsentrasi sedimen tersuspensi di perairan dapat mempengaruhi kelangsungan hidup terumbu karang di kawasan pesisir. Kota Makassar memiliki dua muara sungai besar, Tallo dan Jeneberang yang memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi terutama pada saat musim penghujan. Sedimentasi yang terjadi di kawasan pesisir kota ini dalam jangka panjang diketahui merupakan akumulasi muatan sedimen dari kedua sungai tersebut. Keberlangsungan hidup ekosistem terumbu karang dan padang lamun di gusung-gusung dan pulau-pulau kecil sekitar pesisir kota Makassar dalam jangka panjang menjadi terancam dengan situasi ini sehingga perlu dilakukan upaya-upaya yang konservatif salah satunya adalah dengan mengetahui sebaran sedimen tersuspensi di perairan ini secara spasial dan temporal.

Total Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid/TSS*) adalah konsentrasi material padat yang melayang (tersuspensi) di dalam suatu campuran air sedimen, yang biasa dinyatakan nilainya dalam satuan miligram per liter (mg/L) (Gray *et. al*, 2000). Pemetaan padatan tersuspensi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh telah dilakukan oleh Gernez *et. al*, (2014) untuk mendapatkan gambaran spasial dampak dari konsentrasi parameter kualitas air initerhadap

budidaya tiram di Venice. Zang *et. al.*, (2014) menggunakan citra Landsat TM dan ETM untuk memonitor sedimen tersuspensi di estuari Sungai Kuning, Cina. Cai *et. al.*, (2015) telah menggunakan citra Landsat dan pengukuran insitu untuk mengetahui variasi konsentrasi sedimen tersuspensi akibat dibangunnya jembatan di Teluk Hangzhou. Yopez *et al.*, (2018) menggunakan citra satelit Landsat untuk studi variasi spasial dan temporal konsentrasi padatan tersuspensi di Sungai Orinoco, Venezuela yang dihubungkan dengan siklus hidrologi dan karakteristik geomorfologi sungai.

Studi tentang sebaran sedimen tersuspensi di wilayah pesisir Kota Makassar relatif terbatas dan tidak seimbang dengan laju pembangunan di kawasan ini. Kurangnya informasi tentang sebaran sedimen tersuspensi dapat menjadikan para perencana ‘*underestimate*’ pada dampak yang ditimbulkan dalam jangka panjang, seperti kemungkinan punahnya habitat karang, lamun dan makroalga di gusung-gusung di sepanjang pantai Kota Makassar. Dengan diluncurkannya satelit Sentinel 2A pada tahun 2015, memungkinkan untuk melakukan pemantauan sebaran sedimen tersuspensi secara lebih murah dan simultan. Permasalahan klasiknya adalah bagaimana menghubungkan nilai reflektansi dari citra satelit dengan variasi nilai sedimen tersuspensi di lapangan?. Apakah sebaran sedimen tersuspensi di muara Sungai Jeneberang dan Tallo dapat diestimasi menggunakan satu algoritma yang sama? Studi ini akan mengkaji beberapa formula empiris untuk mengestimasi TSS di muara Sungai Jeneberang dan Tallo menggunakan sejumlah band di satelit sentinel 2A.

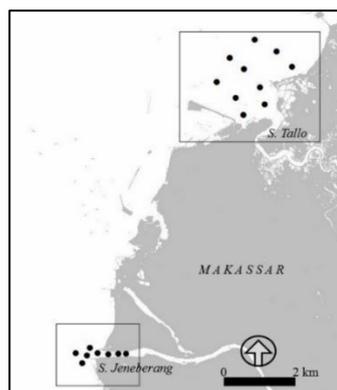
Metode Penelitian

Waktu dan Tempat

Studi ini dilakukan di Kota Makassar yaitu di muara sungai Tallo dan Jeneberang. Studi berlangsung mulai dari Januari hingga April 2019. Sampling di muara Sungai Tallo dilakukan pada tanggal 6 Maret 2019 dan di muara Sungai Jeneberang pada 21 tanggal Maret 2019 (Gambar 1), sesuai dengan waktu lintas satelit Sentinel 2A untuk kawasan tersebut. Analisis *Total Suspended Solid* dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Pengolahan Citra Sentinel dilakukan sebelum dan sesudah kegiatan sampling lapangan.

Bahan dan Peralatan

Penelitian ini menggunakan sampel Total Padatan Tersuspensi (TSS) dari muara Sungai Tallo dan Jeneberang yang diambil menggunakan *water sampler*. Citra satelit Sentinel 2A yang digunakan di unduh dari situs <https://earthexplorer.usgs.gov>. Peralatan yang digunakan selama penelitian adalah katingting 5 PK untuk survei, GPS 2 unit, *drifter* arus, van Dorn *water sampler*, secchi disk, botol sampel, kertas saring whatmann ukuran 1.2um GF/3F diameter 47mm untuk uji TSS, oven, pompa vakum, pinset, gelas ukur, pipet, erlenmeyer, gelas beaker, batang pengaduk, desikator, timbangan analitik, stopwatch, kamera, *Idrisi Terrset* dan laptop.



Gambar 1. Lokasi Sampling TSS di Muara Sungai Tallo dan Jeneberang

Uji Total Padatan Tersuspensi

Padatan total terdiri dari “total padatan tersuspensi” yaitu total padatan yang tertahan oleh kertas saring, dan “total padatan terlarut” yaitu bagian yang melewati kertas saring. “Padatan tersuspensi” adalah bagian yang tertahan oleh kertas saring (APHA, 1999). Padatan tersuspensi total (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal $2\mu\text{m}$ atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Contoh uji yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu 103°C sampai dengan 105°C . Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Jika padatan tersuspensi menghambat saringan dan memperlama penyaringan, diameter pori-pori saringan perlu diperbesar atau mengurangi volume contoh uji. Nilai estimasi TSS dihitung dari perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total menggunakan rumus (SNI, 2004):

$$\text{mg TSS per liter} = (A - B) \times 1000 : \text{Volume contoh uji, mL}$$

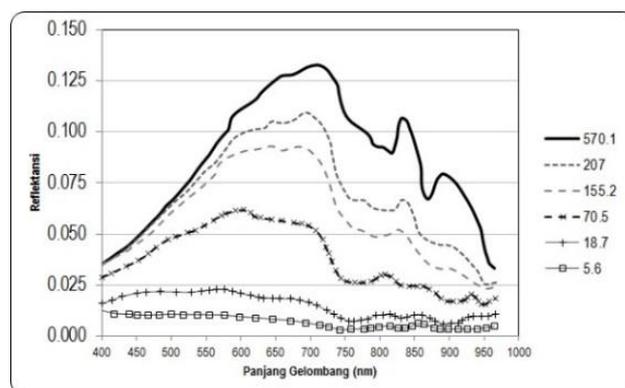
dengan pengertian: A adalah berat kertas saring + residu kering, mg; B adalah berat kertas saring, mg.

Pengolahan Data

Citra Satelit Sentinel 2A diunduh untuk dua tanggal perekaman yaitu 6 dan 21 Maret 2019 dengan kode grid 50MQV. Koreksi atmosferik dilakukan dengan metode *Dark Object Subtraction* (DOS). Model ini menggunakan asumsi transmisi di atmosfer bernilai 1 dan *spectral diffuse sky irradiance* bernilai 0.0. Radiansi akibat adanya awan tipis diestimasi menggunakan nilai digital suatu objek yang semestinya null. Selanjutnya dilakukan penyamaan ukuran piksel menjadi 10×10 meter. Band Sentinel yang memiliki resolusi piksel 10 m adalah band 2, 3, 4 dan 8. Band 1 dan 9 memiliki resolusi 60 m dan band 5, 6, 7 dan 8A memiliki resolusi 20 m. Citra yang awalnya berdimensi 10980×10980 pixel tersebut kemudian dipotong menjadi 995×899 pixel untuk lokasi Muara Tallo dan 551×731 pixel untuk lokasi Muara Jeneberang. Proses masking yaitu pemisahan daratan dari perairan dilakukan dengan menggunakan metode *overlay* dengan input file raster daratan yang berasal dari hasil reklasifikasi citra band 8.

Analisis Data

Witte et al. (1981) telah melakukan serangkaian percobaan di laboratorium sebagai bagian dari upaya untuk membangun model estimasi TSS guna keperluan konservasi lahan yang disponsori oleh NASA. Uji laboratorium yang dilakukan mencakup berbagai karakteristik fisika, kimia dan optik dari berbagai konsentrasi TSS. Konsentrasi TSS yang diuji berkisar antara 5 ppm hingga 700 ppm (Gambar 2). Dari data TSS dan reflektansi pada berbagai panjang gelombang sinar tampak tersebut kemudian dapat dibangun persamaan estimasi TSS menggunakan satu panjang gelombang tertentu.



Gambar 2. Nilai Reflektansi Berbagai Panjang Gelombang pada Berbagai Nilai Konsentrasi TSS (ppm) yang Diperoleh dari Percobaan Witte et al. (1981)

Hubungan empiris TSS dan reflektansi pada panjang gelombang tertentu terlebih dahulu dibangun dengan mengacu pada formula dari hasil percobaan Witte *et al.* (1981). Koefisien determinansi menjadi tolok ukur penentuan persamaan regresi yang dipilih sebagai penduga TSS dari citra satelit. Persamaan yang terpilih kemudian diterapkan pada citra Sentinel 2A. Citra yang dihasilkan diklasifikasi secara *density slicing*, yaitu dengan mengelompokkan kelas estimasi TSS pada setiap interval nilai tertentu berdasarkan statistiknya sehingga dihasilkan peta estimasi sebaran TSS. Terdapat sepuluh (10) kelas estimasi TSS yang diterapkan untuk citra yaitu : < 10, 10 – 25, 25 – 50, 50 – 75, 75 – 150, 150-300, 300 – 500, 500 – 750, 750 – 1000 dan > 1000 mg/l (miligram per liter).

Korelasi Pearson digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara TSS lapangan dan TSS estimasi. Nilai korelasi tertinggi menjadi dasar untuk memilih citra TSS estimasi. Akurasi estimasi TSS diukur dengan menghitung nilai kesalahan absolut (Δx) dan nilai kesalahan absolut rata-rata (*mean absolute error* / **MAE**) menggunakan rumus

$$(\Delta x) = |xi - x|,$$

xi = nilai estimasi TSS dan x = nilai TSS sebenarnya.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |xi - x|$$

n = banyaknya sampel TSS

Hasil dan Pembahasan

Reflektansi Spektral dan Konsentrasi TSS

Studi oleh Witte *et al.* (1981) telah menyimpulkan bahwa reflektansi memiliki fungsi non liner terhadap konsentrasi TSS dan sangat bergantung pada panjang gelombang yang dimiliki oleh sensor satelit penginderaan jauh. Panjang gelombang infra merah dekat dapat lebih diandalkan untuk memantau perairan yang sangat keruh bila konsentrasi TSS nya melebihi 100 ppm. Pola reflektansi spektral dari percobaannya disajikan pada Gambar 2. Garis-garis yang menghubungkan reflektansi untuk setiap konsentrasi TSS terlihat jelas pemisahannya pada panjang gelombang lebih besar dari 650 nm terutama untuk TSS dengan konsentrasi yang lebih besar dari 100 ppm. Sebaliknya pada panjang gelombang yang pendek yaitu disekitar 400 hingga 500 nm, garis-garis nilai reflektansi dari TSS yang memiliki konsentrasi lebih besar dari 100 ppm cenderung menyatu. Hal ini mengindikasikan bahwa estimasi TSS dengan citra satelit multispektral akan lebih baik jika menggunakan sensor yang memiliki panjang gelombang lebih besar dari 600 nm. Mengacu pada data percobaan tersebut telah dihasilkan persamaan estimasi TSS untuk sejumlah panjang gelombang yang bersesuaian dengan band satelit Sentinel 2A (Tabel 1). Hubungan fungsional antara TSS dengan reflektansi secara umum bersifat eksponensial dengan koefisien determinansi lebih besar dari 0,8.

Tabel 1. Persamaan untuk Estimasi TSS menggunakan Citra Sentinel 2A

Panjang Gelombang (nm)	Nama Band Sentinel	Persamaan Estimasi $TSS=f(\text{Reflektansi})$	Koefisien Determinansi (R^2)
490	Blue (2)	$\widehat{TSS} = 2,7542 e^{75,716x}$	0.963
560	Green (3)	$\widehat{TSS} = 4,2426 e^{49,401x}$	0.957
665	Red (4)	$\widehat{TSS} = 7,0012 e^{34,362x}$	0.962
705	VRE (5)	$\widehat{TSS} = 8,3242 e^{32,205x}$	0.950
783	VRE (7)	$\widehat{TSS} = 8,3242 e^{32,205x}$	0.891

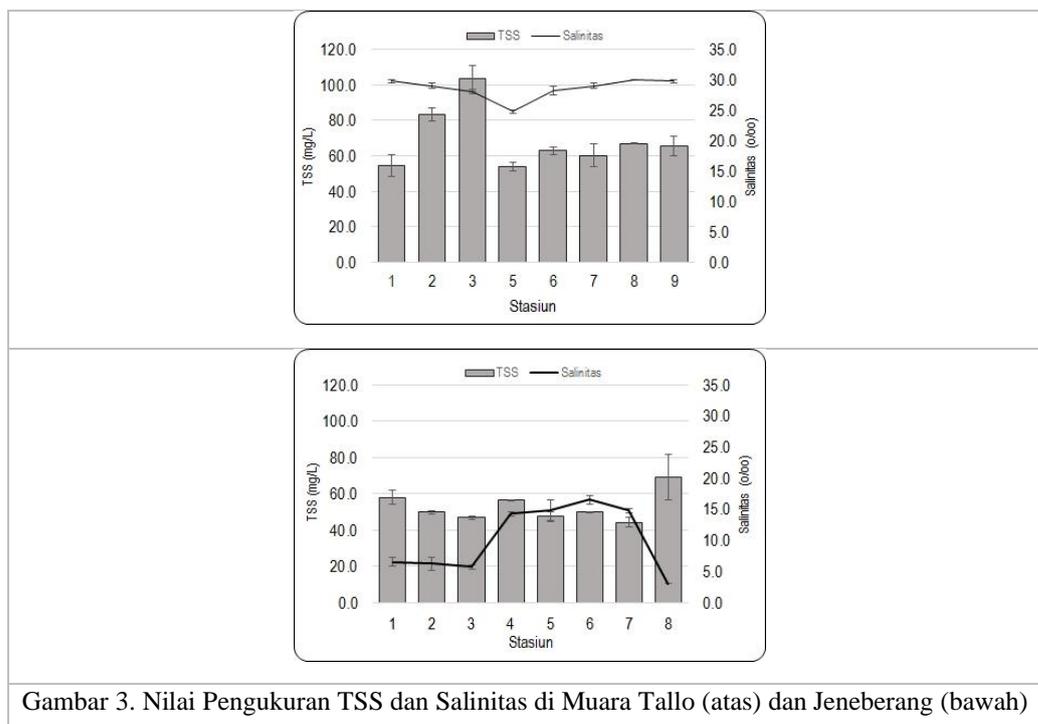
TSS Lapangan dan Reflektansi Spektral

Hasil analisa laboratorium mendapatkan konsentrasi TSS rata-rata dari 8 stasiun sampling di Muara Tallopada 6 Maret 2019 adalah sekitar $68,8 \pm 16,7$ mg/l. Nilai TSS terendahnya adalah 53,8 mg/l dan tertinggi 103,4 mg/l. TSS cenderung lebih tinggi konsentrasinya di perairan yang dekat ke pantai hingga ke arah Utara dari muara. Salinitas rata-rata disini sekitar $28,6 \pm 1,7$ o/oo dengan nilai salinitas terendah adalah 24,8 dan tertinggi 30,0 o/oo (Gambar 3). Kedalaman *secchi disk* pada saat sampling di Muara Sungai Tallo adalah $1,4 \pm 0,6$ m.

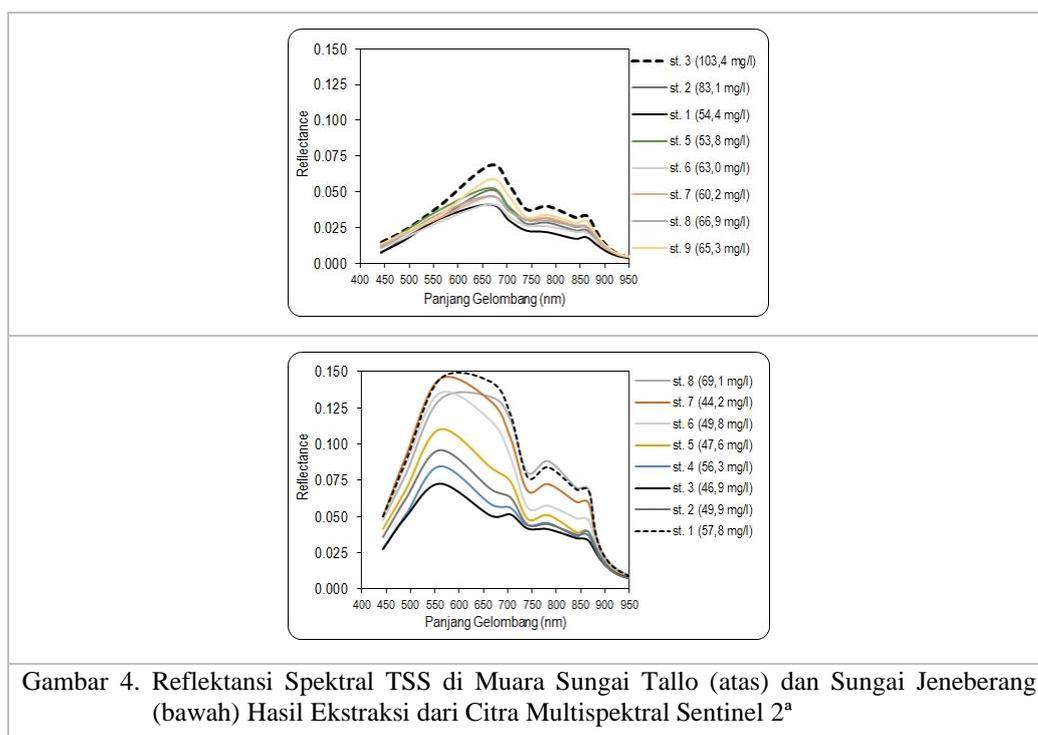
Sampling TSS sejumlah 8 stasiun di Muara Jeneberang pada tanggal 21 Maret 2019 mendapatkan konsentrasi rata-rata sekitar $52,7 \pm 8,1$ mg/l. Nilai TSS terendah adalah 44,2 mg/l dan tertinggi 69,1 mg/l. Konsentrasi TSS yang tinggi dapat ditemukan beberapa ratus meter sebelum muara ke arah hulu dan menurun secara gradual disekitar muara sungai. Salinitas rata-rata adalah sekitar $10,2 \pm$

5,3 o/oo dengan nilai salinitas terendah adalah 3,0 dan tertinggi 16,5 o/oo (Gambar 3). Kedalaman *secchi disk* di Muara Sungai Jeneberang adalah $0,8 \pm 0,4$ m.

Konsentrasi TSS Muara Tallo secara rata-rata lebih tinggi daripada Muara Jeneberang. Hal ini sesuai dengan studi yang dilakukan oleh Samawi *et. al.* (2019) yang membandingkan data TSS tahun 2005 dengan TSS tahun 2016 dan mendapati bahwa nilai konsentrasi TSS di Muara Tallo relatif lebih tinggi daripada Muara Jeneberang.



Gambar 3. Nilai Pengukuran TSS dan Salinitas di Muara Tallo (atas) dan Jeneberang (bawah)



Gambar 4. Reflektansi Spektral TSS di Muara Sungai Tallo (atas) dan Sungai Jeneberang (bawah) Hasil Ekstraksi dari Citra Multispektral Sentinel 2^a

Pola spektral TSS di Muara Tallo dan Jeneberang digambarkan berdasarkan ekstraksi nilai reflektansi 10 band Sentinel 2A mulai dari panjang gelombang 443 nm hingga 945 nm (band 1 hingga 9). Puncak pantulan spektral tertinggi untuk sampel TSS di Muara Tallo terjadi pada kisaran panjang gelombang 650 hingga 700 nm. Nilai reflektansi tertinggi diperoleh pada band 4 dengan panjang gelombang 665 nm yaitu senilai 0,0685 dan terendah pada band 9 yaitu senilai 0,0051. Pola spektral TSS di Muara Jeneberang berbeda dengan Muara Tallo. Puncak pantulannya mulai terlihat pada panjang gelombang sekitar 500 nm tepatnya pada band 3 dengan nilai sekitar 0,1451 dan menurun tajam di sekitar 700 – 750 nm menjadi 0,0806. Kemudian nilai reflektansi tersebut naik sedikit menjadi 0,0885 di band 7 dan seterusnya menurun secara gradual pada band 8, 8A dan 9 (Gambar 4).

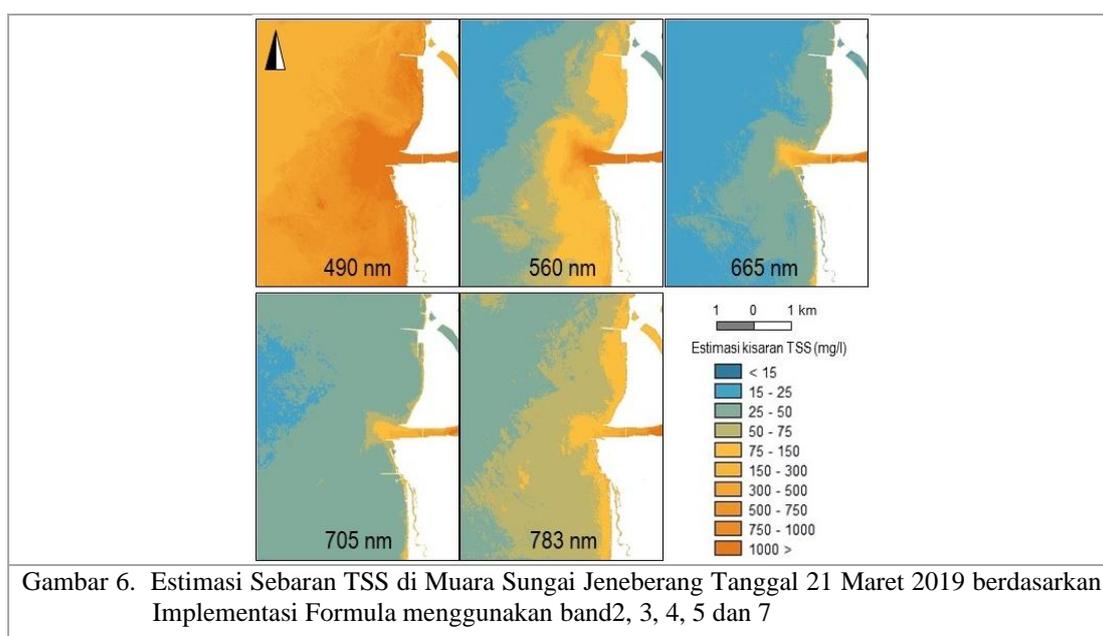
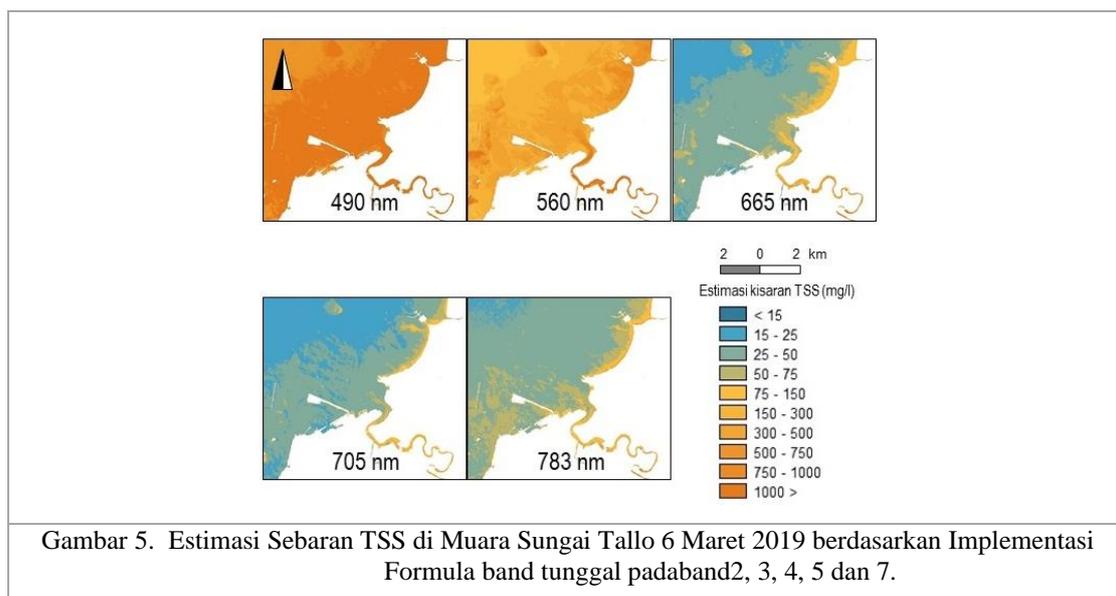
Dengan demikian dapat dikatakan bahwa meskipun berdasarkan data lapangan rata-rata TSS Muara Tallo lebih tinggi daripada Muara Jeneberang, namun rata-rata nilai reflektansinya lebih rendah. Hal ini kontradiktif dengan asumsi awal bahwa semakin tinggi TSS maka semakin tinggi pula nilai reflektansinya. Kontradiksi ini memerlukan kajian lebih lanjut, misalnya dengan melakukan sampling secara simultan di dua lokasi tersebut tepat pada saat satelit melintas di kawasan ini.

Estimasi Sebaran TSS menurut Citra Sentinel 2A

Estimasi sebaran TSS di Muara Tallo dari band 2 ($\lambda=490$ nm) dan 3 ($\lambda=560$ nm) cenderung bersifat *overestimate* yaitu jauh lebih tinggi dari nilai lapangan. Sementara estimasi dengan menggunakan band 5 ($\lambda=705$ nm) dan 7 ($\lambda=783$ nm) cenderung *underestimate* atau jauh lebih rendah dari yang semestinya. Secara spasial sebaran TSS di Muara Tallo cenderung terakumulasi di mulut muara hingga ke sepanjang perairan pesisir sebelah Utara atau tepatnya di Desa Lantebung hingga Untia. Kondisi ini disimbolisasi sebagai kelas TSS yang lebih tinggi (warna coklat) pada citra hasil klasifikasi (Gambar 5). Estimasi dari band 4 ($\lambda = 665$ nm) memberikan gambaran yang terbaik tentang sebaran TSS ini. Tingginya kadar TSS di Muara Tallo hingga ke perairan Untia di Kecamatan Biringkanaya dalam jangka panjang dapat berkontribusi pada proses pendangkalan di kawasan tersebut.

Sebagaimana halnya di Muara Tallo, estimasi sebaran TSS di Muara Jeneberang dari band 2 ($\lambda=490$ nm) dan 3 ($\lambda=560$ nm) juga cenderung bersifat *overestimate*. Sementara estimasi dengan menggunakan band 4 ($\lambda=665$ nm), 5 ($\lambda=705$ nm) dan 7 ($\lambda=783$ nm) cenderung *underestimate*. Namun demikian, sebaran estimasi TSS terbaik dapat dilakukan dengan menggunakan band 7. Akumulasi TSS di bagian hulu muara Jeneberang ini sangat tinggi yang kemungkinan disebabkan oleh adanya pendangkalan perairan dan kondisi air surut pada saat sampling. Hal ini dapat dikonfirmasi dengan rendahnya salinitas di titik sampling bagian hulu muara yang menunjukkan pengaruh air tawar. TSS yang keluar dari mulut Sungai Jeneberang ini sangat terlihat di citra sebagai *plume*.

Kadar konsentrasi TSS berkurang ke arah laut dengan penyebaran yang lebih luas ke arah Selatan dibandingkan ke arah Utara Muara Tallo (Gambar 6).



Akurasi Estimasi TSS

Berdasarkan matrik korelasi TSS lapangan dan TSS estimasi, untuk Muara Tallo nilai korelasi tertingginya adalah 0,79 yaitu pada band 4. Sementara nilai korelasi terbaik untuk data dari Muara Jeneberang adalah 0,61 yaitu pada band 7 (Tabel 2).

Nilai akurasi TSS hasil estimasi untuk Muara Tallo adalah 61% dengan Maksimum Absolut Error (MAE) adalah sebesar 26,6 mg/l. Estimasi di Muara Tallo bersifat *underestimate* atau lebih rendah dari nilai lapangan. Nilai akurasi TSS estimasi untuk Muara Jeneberang lebih tinggi daripada Muara Tallo yaitu mencapai 75% dengan MAE sebesar 13,2 mg/l (Tabel 3). Estimasi di Muara Jeneberang bersifat *overestimate*. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun nilai

korelasi TSS estimasi dengan TSS lapangan untuk Muara Tallo lebih tinggi daripada Muara Jeneberang namun akurasi yang diperolehnya lebih rendah.

Tabel 2. Matriks Korelasi TSS Lapangan dan Estimasi dari Band Tertentu di Muara Tallo dan Jeneberang

Muara Tallo					
	Lapangan	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
Lapangan	1,00				
Band 3	0,57	1,00			
Band 4	0,79	0,84	1,00		
Band 5	0,78	0,80	0,99	1,00	
Band 7	0,72	0,83	0,94	0,96	1,00
Muara Jeneberang					
Lapangan	1,00				
Band 3	0,08	1,00			
Band 4	0,45	0,91	1,00		
Band 5	0,59	0,82	0,98	1,00	
Band 7	0,61	0,80	0,95	0,98	1,00

Tabel 3. Akurasi Estimasi TSS Muara Tallo

STA	Lapangan (mg/l)	Estimasi dari Band 4	Δx	%
1	54,4	28,5	25,9	48%
2	83,1	40,9	42,1	51%
3	103,4	73,7	29,7	29%
5	53,8	42,5	11,3	21%
6	63,0	28,9	34,0	54%
7	60,2	34,7	25,5	42%
8	66,9	35,3	31,6	47%
9	65,3	52,6	12,7	19%
Rata-rata	68,8	42,2		39%
		MAE =	26,6	

Tabel 4. Akurasi Estimasi TSS Muara Jeneberang

STA	Lapangan (mg/l)	Estimasi dari Band 7	Δx	%
1	57,8	84,0	26,2	45%
2	49,9	44,9	5,0	10%
3	46,9	41,2	5,7	12%
4	56,3	45,7	10,6	19%
5	47,6	50,7	3,1	6%
6	49,8	57,3	7,5	15%
7	44,2	72,5	28,3	64%
8	69,1	88,5	19,4	28%
Rata-rata	52,7	60,6		25%
		MAE =	13,2	

Kesimpulan

Sampling lapangan pada bulan Maret 2019 menunjukkan bahwa konsentrasi TSS di Muara Tallo lebih tinggi daripada TSS di Muara Jeneberang. Meskipun demikian nilai reflektansi di Muara Jeneberang lebih tinggi daripada di Muara Tallo. Korelasi TSS lapangan dengan TSS estimasi di Muara Tallo paling tinggi pada band 4 sementara di Muara Jeneberang pada band 7, akan tetapi akurasi estimasi TSS di Muara Tallo lebih rendah daripada di Muara Jeneberang. TSS di Muara Tallo cenderung menyebar ke arah Utara sementara di Muara Jeneberang ke arah Selatan. Perlu dilakukan studi yang lebih komprehensif dan simultan untuk kedua lokasi tersebut bertepatan dengan waktu satelit melintas.

Daftar Pustaka

- APHA. 1999. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. 20th Ed.
- Cai, L., D.L. Tang, X. Li, H. Zheng & W. Shao. 2015. Remote sensing of spatial-temporal distribution of suspended sediment and analysis of related environmental factors in Hangzhou Bay, China. *Remote Sensing Letters*, Vol. 6, No. 8, 597–603, <http://dx.doi.org/10.1080/2150704X.2015.1062158>
- Gernez, P., L. Barille, A. Lerouxel, C. Mazeran, A. Lucas & D. Doxaran. 2014. Remote sensing of suspended particulate matter in turbid oyster-farming ecosystems, *J. Geophys. Res. Oceans*, 119, 7277–7294, doi:10.1002/2014JC010055.
- Gray, J.R., G.D. Glysson, L.M. Turcios & G.E. Schwarz. 2000. Comparability of Suspended-Sediment Concentration and Total Suspended Solids Data. *Water-Resources Investigations Report 00-4191*. USGS
- Samawi, M. F., S. Werorilangi & M.B. Selamat. 2019. Elevated phosphate, ammonia and total suspended solids near sewage outlets and reclamation sites in coastal waters of Makassar, Indonesia. *MarSave IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 253. doi:10.1088/1755-1315/253/1/012038
- SNI, 2014. Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri
- Witte, W.G., C.H. Whitlock, J.W. Ustry, W.D. Morris & E.A. Gurganus. 1981. Laboratory Measurements of Physical, Chemical, and Optical Characteristics of Lake Chicot Sediment Waters. *NASA Technical Paper 1941*. NASA Scientific and Technical Information Branch.
- Yepez, S., A. Laraque, J.M. Martinez, J. De Sa, J.M. Carrera, B. Castellanos & J.L. Lopez. 2018. Retrieval of suspended sediment concentrations using Landsat-8 OLI satellite images in the Orinoco River (Venezuela). *Comptes Rendus Geoscience*, 350(1-2), 20–30. doi:10.1016/j.crte.2017.08.004
- Zhang, M., Dong, Q., Cui, T., Xue, C., dan Zhang, S. 2014. Suspended sediment monitoring and assessment for Yellow River estuary from Landsat TM and ETM+ imagery. *Remote Sensing of Environment*, 146, 136–147. doi:10.1016/j.rse.2013.09.033