

Monitoring Sebaran Total Padatan Tersuspensi Tahun 2019 di Muara Sungai Tallo Kota Makassar Menggunakan Citra Sentinel 2

The monitoring of total suspended sediment distribution of the year 2019 at Tallo River Makassar using Sentinel 2 imageries

Muhammad Banda Selamat[✉], Marzuki Ukkas

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin,
Jl. P. Kemerdekaan km 10 Tamalanrea, Makassar 90245

[✉]Corresponding author: mbandas2006@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan metode alternatif dalam memonitor sebaran sedimen tersuspensi di perairan Kota Makassar menggunakan citra satelit. Lokasi studi di muara Sungai Tallo, Kota Makassar dengan waktu pengamatan dari Januari hingga Nopember 2019. Sampling lapangan dilakukan pada Maret 2019 dan Nopember 2019. Sejumlah sebelas citra Sentinel 2 telah diunduh dari situs <https://earthexplorer.usgs.gov> dengan penutupan awan kurang dari 10 persen. Sampling TSS menggunakan *van dorn water sampler* dan posisinya dicatat menggunakan GPS *etrex 10*. Pergerakan arus direkam menggunakan *drifter langrange*. Analisa TSS dilakukan di laboratorium oseanografi kimia, Universitas Hasanuddin. Pengolahan citra menggunakan perangkat Idrisi Terrset 18.31. Sejak tahun 2015 hingga 2019, curah hujan tertinggi umumnya terjadi pada bulan Januari (400 hingga 1000 mm) dan terendah terjadi pada Juli hingga Agustus (kurang dari 100 mm). Tahun 2017 merupakan tahun dengan rata-rata tahunan curah hujan tertinggi (311 mm) dan tahun 2019 merupakan tahun dengan rata-rata tahunan curah hujan terendah (180 mm). Konsentrasi TSS yang sangat tinggi terjadi pada bulan Januari 2019 dan terendah terjadi pada April hingga Juli 2019. Secara rata-rata tahunan nilai TSS di Muara Tallo selama tahun 2019 adalah sekitar 144 mg/L. Konsentrasi TSS yang tinggi pada saat air pasang cenderung ditemukan di mulut muara dan pada saat surut menyebar ke arah Utara mengikuti pergerakan arus susur pantai.

Kata kunci : monitoring, total padatan tersuspensi, Sentinel 2, Makassar

Pendahuluan

Pemantauan dinamika pergerakan sedimen di perairan pesisir adalah salah satu yang belum rutin dilakukan di banyak muara sungai di Indonesia. Padahal informasi ini termasuk hal yang cukup penting untuk mengukur kualitas lingkungan perairan. Material tersuspensi di perairan dapat mempengaruhi kehidupan biota air, mengurangi daya penetrasi cahaya matahari ke kolom air, menurunkan produktifitas perairan, mengurangi produksi perikanan, meningkatkan biaya penjernihan air dan banyak permasalahan lingkungan lain yang dapat mempengaruhi kualitas hidup masyarakat di suatu wilayah (Caballero *et al.*, 2018). Idealnya, pemantauan pergerakan sedimen di badan air dan muara sungai dilakukan secara insitu menggunakan berbagai sistem analog maupun telemetri. Namun cara ini hanya akan memberikan gambaran situasi lokal dan dapat mengabaikan situasi yang terjadi pada daerah yang lebih luas, sehingga mempengaruhi efektifitas kebijakan lingkungan yang diambil oleh pemerintah (Pereira *et al.*, 2019).

Penggunaan citra satelit untuk pemantauan sedimen tersuspensi telah digunakan mulai dari tahun 70-an. Teori dasarnya adalah bahwa beberapa bagian dari spektrum elektromagnetik cahaya tampak khususnya merah dan infra merah dekat memiliki korelasi kuat dengan konsentrasi sedimen. Semakin tinggi sedimen tersuspensi maka semakin tinggi pula reflektansi spektral pada gelombang merah dan infra merah tersebut (Peterson *et al.*, 2018).

Studi penginderaan jauh untuk pengembangan algoritma dan pemetaan sedimen tersuspensi diantaranya telah dilakukan oleh Parwati dan Purwanto (2017) untuk lokasi di

pesisir Berau, Kalimantan menggunakan citra Landsat. Wang *et al.* (2017) telah memetakan variasi spasial dan temporal padatan tersuspensi di estuari sungai Pearl menggunakan citra Landsat tahun 1987 hingga 2015. Liu *et al.* (2017) telah menggunakan citra Sentinel 2 untuk mengestimasi konsentrasi sedimen tersuspensi dan merekomendasikan penggunaan band 4 ($\lambda = 665$ nm) hingga band 7 ($\lambda = 783$ nm).

Studi ini bertujuan untuk memetakan sebaran total padatan tersuspensi secara bulanan sepanjang tahun 2019 berdasarkan algoritma yang telah diuji sebelumnya (Selamat, *et. al.*, 2019) dan menghubungkannya dengan data curah hujan dan prediksi pasang surut secara deskriptif. Metode yang dihasilkan diharapkan menjadi alternatif untuk keperluan monitoring sebaran sedimen tersuspensi di perairan muara-muara sungai Kota Makassar menggunakan citra satelit.

Metode Penelitian

Waktu dan Tempat

Studi dilakukan dalam kurun waktu sebelas bulan yaitu dari Januari hingga Nopember 2019. Sampling lapangan dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada tanggal 6 Maret dan 6 Nopember tahun 2019. Tanggal sampling diusahakan bertepatan dengan tanggal satelit melintas di lokasi studi yaitu di muara sungai Tallo dan sekitarnya. Sampel total padatan tersuspensi di analisis di laboratorium kimia, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan menggunakan metode gravimetri (APHA, 1999). Lokasi studi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi studi di muara Sungai Tallo, Makassar

Bahan dan Peralatan

Material penelitian adalah sampel total padatan tersuspensi yang di ambil dari perairan muara sungai Tallo dan citra Sentinel 2 multispektral yang diunduh dari situs USGS. Peralatan yang digunakan pada saat sampling antara lain adalah *van Dorn water sampler*, GPS navigasi etrex 10, *drifter* arus tipe lagrange, *secchi disk*, botol-botol sampel, perahu, kamera dan alat tulis. Peralatan untuk analisis sampel total padatan tersuspensi di

laboratorium adalah pompa vakum, gelas ukur, breaker, pengaduk, erlenmeyer, pinset, oven, kertas saring whatmann, neraca ohaus, *stopwatch* dan alat tulis. Pengolahan citra satelit menggunakan perangkat lunak IDRISI Terrset 18.3, microsoft excel dan QGIS 3. Laptop yang digunakan memiliki spesifikasi prosesor intel core 3, memori 2 GB, harddisk 500 GB dengan operating software Windows 7.

Analisis sampel total padatan tersuspensi dan pengolahan data

Secara definisi, total padatan tersuspensi dapat dikatakan sebagai akumulasi dari material padatan yang tidak dapat melewati kertas saring pada saat sampel air disaring (APHA, 1999). Penyaringan sampel padatan tersuspensi dilakukan dengan menggunakan kertas saring whatmann ukuran pori 1.2µm GF/3F diameter 47 mm. Padatan tersuspensi berukuran partikel 2 µm atau lebih besar dari ukuran koloid akan tertahan pada kertas saring ini dan selanjutnya dikeringkan pada suhu 103°C hingga 105°C. Nilai total padatan tersuspensi (*total suspended solid /TSS*) dihitung menggunakan rumus berikut (SNI, 2004):

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

A adalah berat kertas saring dan residu kering (dalam satuan miligram) dan B adalah berat kertas saring (dalam satuan miligram/mg).

Pengumpulan citra Sentinel 2 dan pengolahan data

Sejumlah sebelas (11) citra Sentinel 2A level 1C dengan kriteria penutupan awan kurang dari 10% telah diunduh dari situs <https://earthexplorer.usgs.gov>. Total ukuran berkas citra dalam bentuk kompresi yang diunduh adalah 7,4 Gigabyte. Rincian tanggal citra dapat dilihat pada Tabel 1 dan spesifikasi band Sentinel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Tanggal citra Sentinel yang digunakan pada studi ini

| Tanggal Citra | Nama File | Ukuran Zip (MB) |
|-------------------|---|-----------------|
| 20 Januari 2019 | 20190120-L1C_T50MQV_A018690_20190120T022322 | 686,9 |
| 24 Pebruari 2019 | 20190224-L1C_T50MQV_A010282_20190224T022715 | 640,7 |
| 06 Maret 2019 | 20190306_L1C_T50MQV_A010425_20190306T022819 | 709,7 |
| 21 Maret 2019 | 20190321_T022324_L1C_T50MQV_A019548_20190321T022324 | 641,9 |
| 10 April 2019 | 20190410_L1C_T50MQV_A019834_20190410T022732 | 673,8 |
| 29 Juni 2019 | 20190629_T022743_L1C_T50MQV_A020978_20190629T022743 | 642,5 |
| 29 Juli 2019 | 20190729_L1C_T50MQV_A021407_20190729T022718 | 649,2 |
| 18 Agustus 2019 | 20190818_L1C_T50MQV_A021693_20190818T022527 | 671,8 |
| 17 September 2019 | 20190917_L1C_T50MQV_A022122_20190917T022436 | 684,9 |
| 17 Oktober 2019 | 20191017_L1C_T50MQV_A022551_20191017T022516 | 706,2 |
| 6 Nopember 2019 | 20191106_L1C_T50MQV_A022837_20191106T022430 | 716,7 |

Tabel 2. Spesifikasi band pada citra Sentinel 2 (ESA, 2013)

| Sentinel 2A Bands | Central Wavelength (nm) | Spatial Resolution (m) |
|------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Band 1 – Coastal aerosol | 443 | 60 |
| Band 2 – Blue | 490 | 10 |
| Band 3 – Green | 560 | 10 |
| Band 4 – Red | 665 | 10 |
| Band 5 – Vegetation Red Edge (VRE) | 705 | 20 |
| Band 6 – Vegetation Red Edge | 740 | 20 |
| Band 7 – Vegetation Red Edge | 783 | 20 |
| Band 8 – Near Infra Red (NIR) | 842 | 10 |
| Band 8A – Vegetation Red Edge | 865 | 20 |
| Band 11 – SWIR | 1,610 | 20 |

Pengembangan studi dari penelitian yang telah dilakukan oleh Witte *et al.* (1981) oleh Selamat *et al.* (2019) dalam menghubungkan konsentrasi TSS dengan reflektansi panjang gelombang tertentu memperlihatkan bahwa band 4 dengan nilai tengah panjang gelombang 665 nanometer memberikan respon terbaik dalam mendeteksi TSS. Formula yang digunakan untuk mengestimasi TSS menggunakan band 4 adalah sebagai berikut (Selamat *et al.*, 2019):

$$\overline{TSS} = 7,002 e^{34,363[R4]}$$

\overline{TSS} adalah nilai estimasi konsentrasi total padatan tersuspensi dalam satuan miligram per liter dan R4 adalah nilai reflektansi pada citra band 4 Sentinel 2.

Untuk mendapat nilai reflektansi di citra, maka citra sentinel yang telah diunduh dikoreksi atmosferik dengan metode DOS (*Dark Objek Substraction*) mengikuti metode yang dikembangkan oleh Chavez Jr. (1996). Pemotongan citra kemudian dilakukan sesuai dengan dimensi lokasi studi. Sistem koordinat yang digunakan adalah UTM (*Universal Transverse Mercator*) Zona 50S (Eastman, 2016). Band 8 di reklasifikasi untuk memisahkan wilayah darat dan laut dan kemudian ditumpangsusun ke citra band 4, sehingga model TSS hanya menghitung piksel di wilayah perairan. Nilai piksel TSS hasil estimasi kemudian diekstrak sesuai dengan posisi stasiun sampling dan dibandingkan dengan data curah hujan untuk melihat pola keterhubungannya.

Data curah hujan, pasang surut dan pengolahan data

Data curah hujan dikumpulkan dari publikasi BPS (Badan Pusat Statistik) Kota Makassar melalui situs <https://bps.com>. Data curah hujan yang dipublikasikan adalah data bulanan, dan untuk studi ini telah terkumpul data dari tahun 2015 hingga 2019 (lima tahun). Data ini kemudian direkap dan disajikan ke dalam bentuk tabel berupa data curah hujan bulanan, data hari hujan bulanan dan data rata-rata tahunan untuk mendapatkan pola musimnya.

Data pasang surut dikumpulkan dari situs Badan Informasi Geospasial dengan alamat <http://tides.big.go.id/>. Koordinat lokasi studi dan rentang bulan prediksi pasut di input ke sistem. Sistem akan mengeluarkan nilai prediksi pasang surut untuk lokasi yang diinput dalam skala waktu jam per jam. Data pasang surut ini kemudian di tampilkan

dalam bentuk grafik agar dapat diplot posisi elevasi muka air pada saat satelit melintas di lokasi studi.

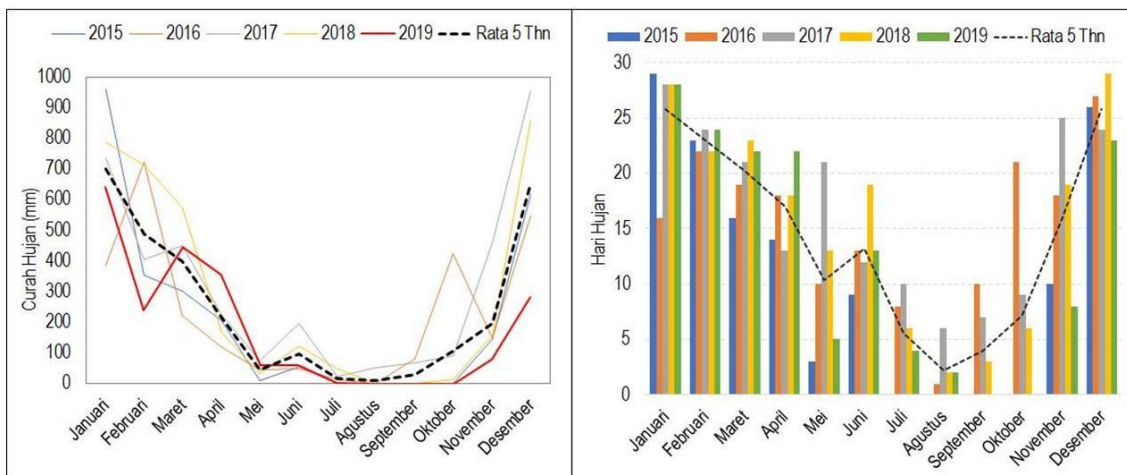
Hasil dan Pembahasan

Curah Hujan dan Pasang Surut

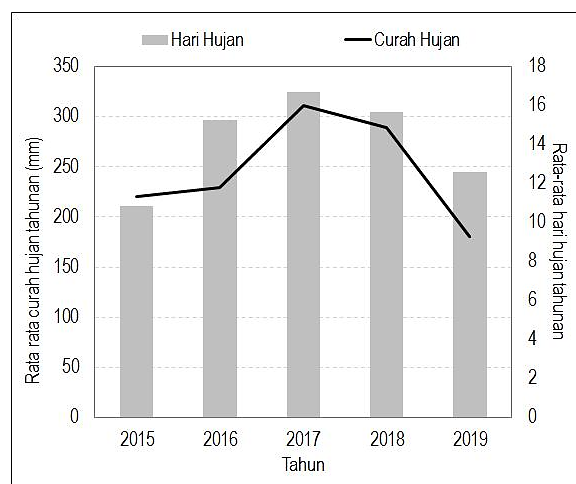
Musim penghujan di Kota Makassar umumnya mulai terjadi pada bulan September dan mencapai puncaknya pada bulan Desember atau Januari (Gambar 3). Curah hujan mulai berkurang di bulan Pebruari dan mencapai nilai terendah di bulan Juli, kemudian kembali meningkat pada bulan September. Dalam kurun waktu lima tahun yaitu dari tahun 2015 hingga 2019, rata-rata curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari yaitu mencapai 700 mm dengan variasi dari 400 hingga 1000 mm. Curah hujan terendah dalam setahun umumnya terjadi pada bulan Juli hingga Agustus dengan nilai rata-rata kurang dari 100 mm.

Hari hujan di Kota Makassar rata-rata tinggi di bulan Januari yaitu mencapai sekitar 25 hari dalam sebulan dan semakin menurun hingga mencapai nilai terendah pada bulan Agustus yaitu kurang dari 5 hari hujan dalam sebulan. Hari hujan kembali meningkat signifikan dari bulan sebelumnya yaitu sejak bulan Nopember dan mencapai puncaknya di bulan Desember (Gambar 3).

Dalam kurun waktu lima tahun terakhir, tahun 2017 merupakan tahun dengan rata-rata curah hujan dan hari hujan tahunan tertinggi yaitu mencapai 311 mm dan 17 hari. Tahun 2015 merupakan tahun dengan hari hujan tahunan terendah yaitu rata-rata 11 hari. Tahun 2019 merupakan tahun dengan curah hujan tahunan terendah yaitu sekitar 180 mm (Gambar 4).



Gambar 3. Curah hujan dan hari hujan bulanan Kota Makassar tahun 2015 hingga 2019 (Sumber: Makassar dalam Angka 2016 sd 2020)



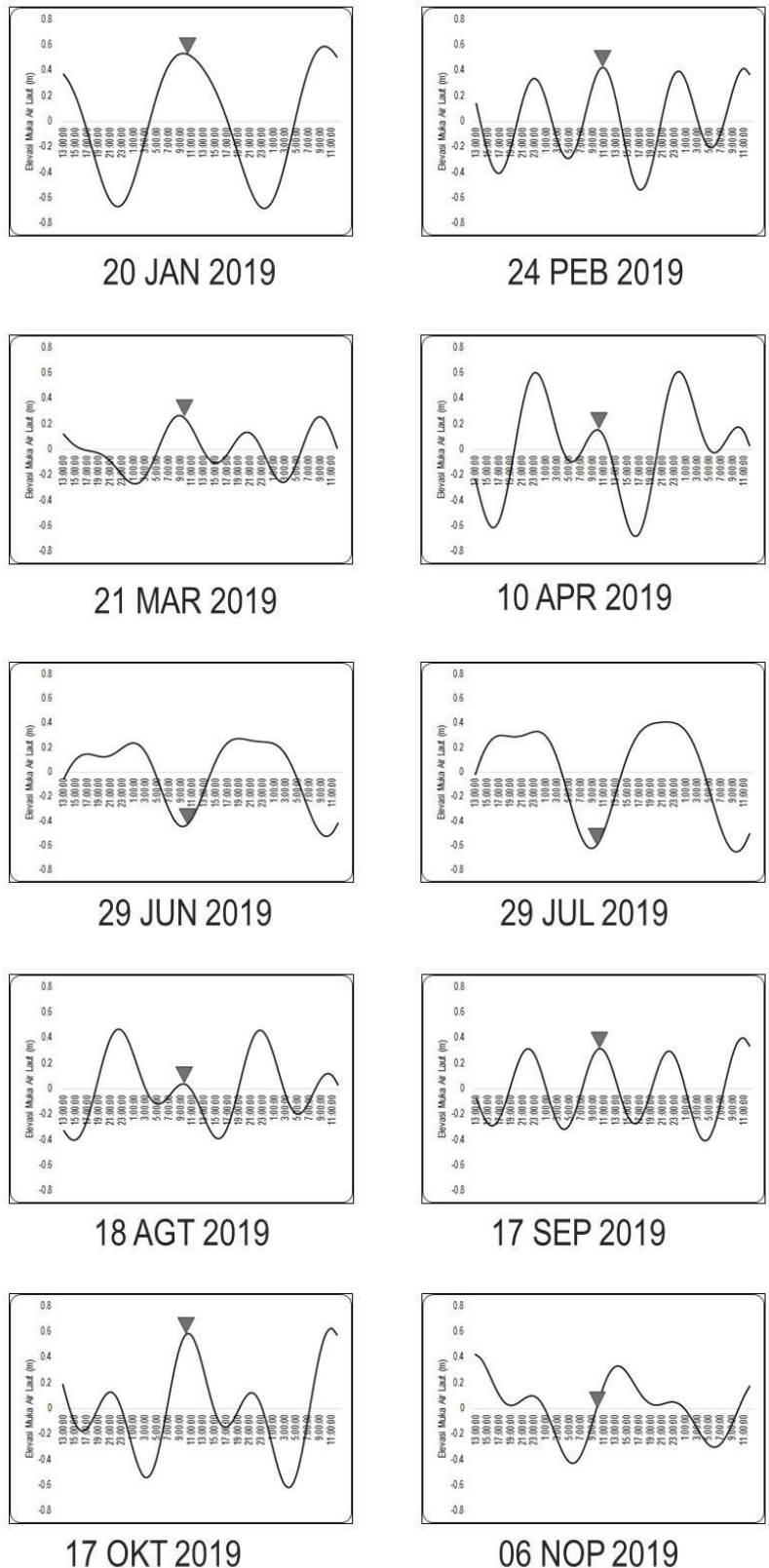
Gambar 4. Rata-rata tahunan curah hujan dan hari hujan Kota Makassar 2015 hingga 2019. (Sumber: olahan data Makassar dalam angka)

Pasang surut di perairan Kota Makassar dapat dikelompokkan ke tipe campuran cenderung ke ganda, dimana terdapat dua puncak air pasang dalam sehari, puncak pasang yang satu lebih tinggi dari yang lainnya (Gambar 5). Posisi elevasi muka laut pada saat pengambilan sampel *Total Suspended Solid* (TSS) di lapangan dan saat satelit melintas perlu diketahui agar dapat diperoleh gambaran dinamika pergerakan massa air di kawasan studi. Data prediksi pasang surut telah digunakan untuk mem-plot kedudukan muka air pada saat satelit melintas, sesuai dengan waktu dan tanggal yang tertera pada metadata citra Sentinel 2 A. Waktu pemotretan oleh satelit Sentinel adalah sekitar pukul 2 lewat 23 menit waktu GMT (*Greenwich Meridien Time*) atau sekitar pukul 10 lewat 23 waktu di Kota Makassar.

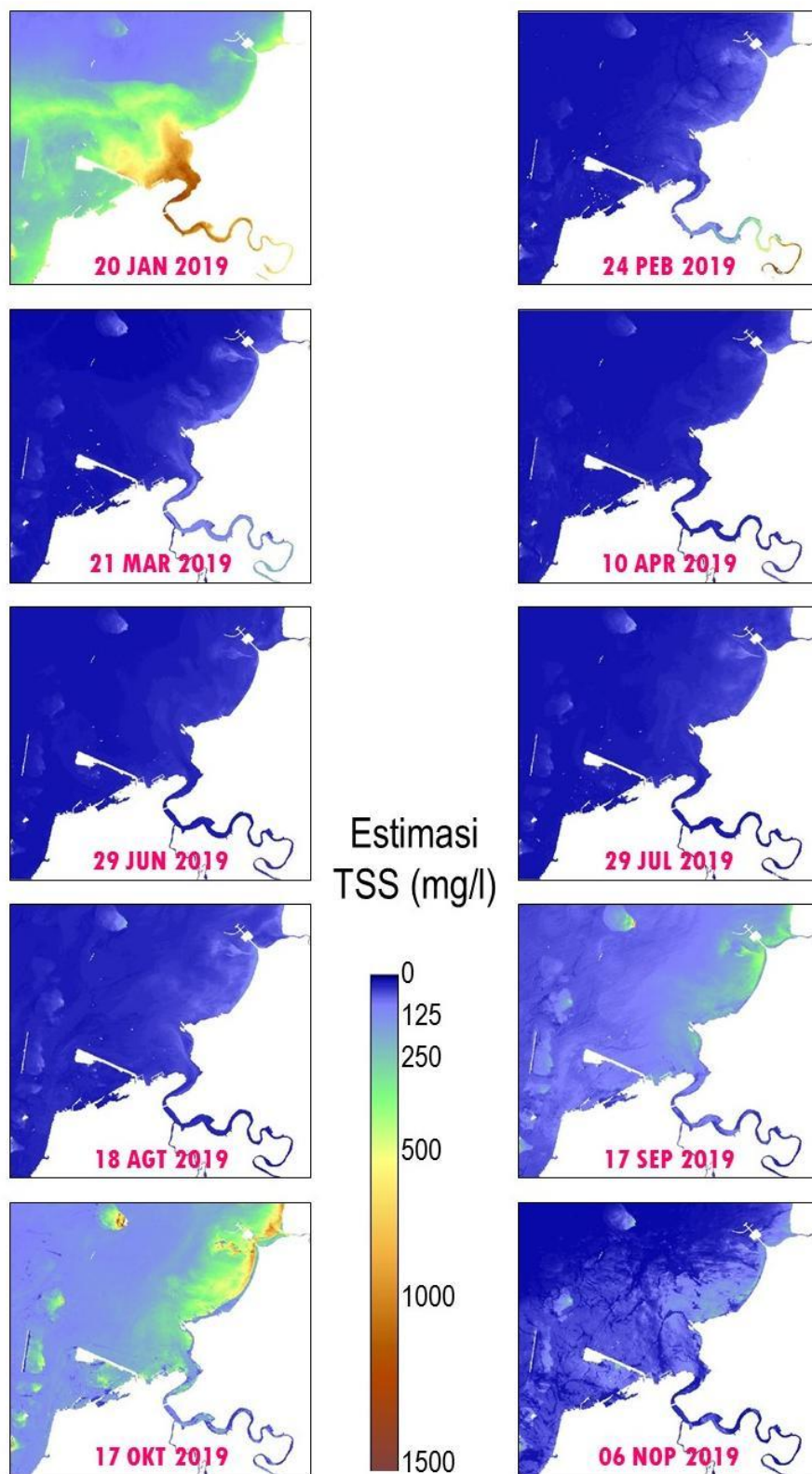
Saat satelit Sentinel 2A memotret kawasan sekitar muara Sungai Tallo pada tanggal 20 Januari, muka air laut dalam kondisi air pasang. Di bulan Pebruari tepatnya tanggal 24 kondisi muka laut berada dalam keadaan konda. Situasi yang sama juga terjadi pada tanggal 21 Maret 2019. Pemotretan pada tanggal 10 April 2019 terjadi pada saat kondisi air laut pasang menuju surut, sementara pada bulan Juni tanggal 29 dan Juli tanggal 29, kondisi muka laut berada dalam kondisi surut. Situasi pasang menuju surut terjadi pada saat satelit Sentinel memotret pada tanggal 18 Agustus 2019, sementara situasi konda terjadi saat pemotretan pada 17 September. Pemotretan tanggal 17 Oktober 2019 terjadi pada saat muka laut kondisi pasang menuju surut dan surut menuju pasang terjadi pada tanggal 6 Nopember 2019.

Sebaran TSS Muara Tallo sepanjang Tahun 2019

Citra sebaran TSS di Muara Tallo yang dihasilkan dari model menggunakan band 4 ($\lambda = 665 \text{ nm}$) memberikan gambaran tentang sebaran TSS di muara Sungai Tallo dari bulan Januari hingga Nopember 2019 (Gambar 6). Sepanjang tahun 2019, lonjakan tertinggi nilai TSS di muara Tallo terjadi pada bulan Januari kemudian menurun hingga bulan Juli dan naik kembali pada bulan September dan Oktober.



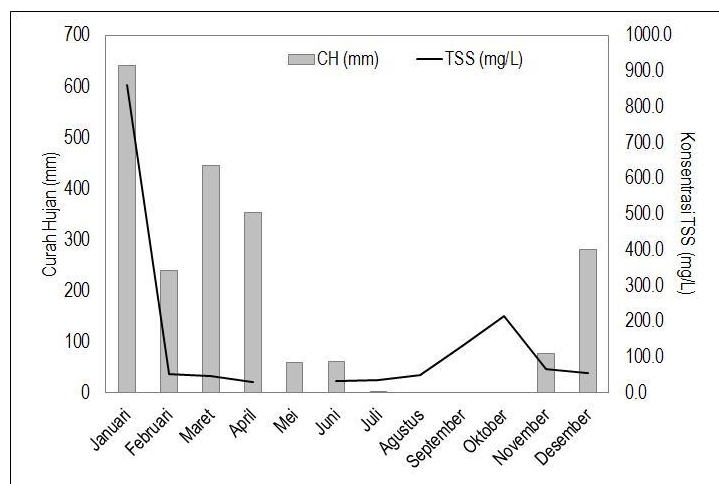
Gambar 5. Kondisi pasang surut muka laut pada saat satelit Sentinel 2 melintas dan memotret kawasan studi dari bulan Januari hingga Nopember 2019. Elevasi tinggi air ditunjukkan oleh tanda panah (Sumber: olahan data dari situs BIG)



Gambar 6. Sebaran total padatan tersuspensi di muara Tallo dan sekitarnya dari bulan Januari hingga Nopember tahun 2019 hasil pengolahan citra Sentinel 2A.

Konsentrasi TSS di muara Sungai Tallo berdasarkan citra Sentinel tanggal 20 Januari diestimasi mencapai hampir 600 mg/L (Gambar 7). Nilai konsentrasi TSS menurun pada bulan Pebruari yaitu sekitar 54 mg/L, Maret sekitar 49 mg/L dan terendah terjadi pada bulan April yaitu sekitar 32 mg/L. Nilai TSS kembali naik pada bulan Juni yaitu sekitar 34 mg/L dan mencapai puncak pada bulan Oktober yaitu sekitar 217 mg/L dan sedikit menurun pada bulan Nopember menjadi sekitar 66 mg/L. Secara rata-rata tahunan nilai TSS di Muara Tallo hasil estimasi citra adalah sekitar 144 ± 22 mg/L. Nilai pengukuran insitu yang dilakukan oleh Selamat *et al.*, (2019) mendapatkan nilai konsentrasi TSS pada 6 Maret 2019 adalah rata-rata 69 mg/L dan pada 6 Nopember 2019 adalah 88 mg/L. Samawi *et al.*, (2019) mendapatkan nilai TSS di muara Sungai Tallo pada tahun 2015 adalah 140 mg/L dan pada tahun 2016 adalah sekitar 51 mg/L. Fakta ini memperlihatkan bahwa meskipun estimasi dari citra cenderung underestimasi namun variasi nilai yang dihasilkan tidak terlalu jauh dengan hasil studi sebelumnya.

Baku mutu lingkungan untuk konsentrasi total padatan tersuspensi di ekosistem mangrove menurut kementerian lingkungan hidup adalah 80 mg/L (KLH, 2004). Mengacu pada nilai tersebut, dalam tahun 2019 bulan-bulan dimana konsentrasi TSS masih memenuhi baku mutu lingkungan terjadi mulai dari Pebruari hingga Agustus dengan nilai TSS antara 32 hingga 54 mg/l dan Nopember dan Desember dengan nilai TSS sebesar 66 dan 56 mg/L. Bulan dimana nilai TSS di muara Tallo melebihi baku mutu lingkungan terjadi pada bulan Januari, September dan Oktober.



Gambar 7. Variasi nilai TSS hasil ekstrak dari citra Sentinel memperlihatkan dugaan adanya pengaruh curah hujan terutama pada bulan Januari hingga Juni.

Secara spasial TSS cenderung terakumulasi di mulut muara pada saat terjadi air pasang, seperti yang teramati pada citra bulan Januari (Gambar 5 dan 6). Hal ini menjadi dugaan penyebab tingginya konsentrasi TSS di mulut muara, selain tingginya curah hujan pada bulan tersebut kemungkinan menyebabkan tingginya volumenya air yang mengalir dari hulu sungai ke muara. Pada saat air surut, TSS teramati terakumulasi di sepanjang perairan pesisir sebelah Utara muara atau tepat disepanjang Desa Lantebung hingga Untia. Hal ini dapat diamati pada citra bulan April, Juni hingga Agustus. Dalam kondisi air pasang, sedimen tersuspensi cenderung terakumulasi di mulut muara dan pada saat surut sedimen

menyebarkan ke perairan sebagian mengikuti pergerakan arus ke arah laut lepas dan sebagian lagi mengikuti arus yang menyusur pantai ke arah Utara maupun ke Selatan muara Sungai Tallo.

Kesimpulan

Estimasi total padatan tersuspensi (TSS) menggunakan citra Sentinel 2 memperlihatkan bahwa secara temporal konsentrasi TSS di muara Sungai Tallo yang sangat tinggi terjadi pada bulan Januari 2019 dan terendah pada bulan April. Pola ini ada kecenderungan mengikuti pola curah hujan. Konsentrasi TSS kembali meningkat pada bulan Oktober dan Nopember. Secara spasial konsentrasi TSS cenderung terakumulasi dimulut muara pada saat terjadi air pasang dan pada saat surut menyebar ke arah Utara dan Selatan mengikuti arus susur pantai. Sepanjang tahun 2019 kondisi dimana nilai TSS muara Sungai Tallo melebihi baku mutu lingkungan terjadi pada bulan Januari, September dan Oktober. Variasi nilai estimasi TSS dari citra masih cukup tinggi dibanding data insitu sehingga perlu dilakukan studi lanjutan dengan menggunakan data lapangan yang lebih banyak.

Daftar Pustaka

- APHA. 1999. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. 20th Ed.
- BPS. 2016. *Makassar municipality in Figures*. BPS Statistics of Makassar city. Accessed at <https://makassarkota.bps.go.id/publication.html>
- BPS. 2017. *Makassar municipality in Figures*. BPS Statistics of Makassar municipality. Accessed at <https://makassarkota.bps.go.id/publication.html>
- BPS. 2018. *Makassar municipality in Figures*. BPS Statistics of Makassar municipality. Accessed at <https://makassarkota.bps.go.id/publication.html>
- BPS. 2019. *Makassar municipality in Figures*. BPS Statistics of Makassar municipality. Accessed at <https://makassarkota.bps.go.id/publication.html>
- BPS. 2020. *Makassar municipality in Figures*. BPS Statistics of Makassar municipality. Accessed at <https://makassarkota.bps.go.id/publication.html>
- Caballero, I., Steinmetz, F. and Navarro, G. (2018) 'Evaluation of the first year of operational Sentinel-2A data for retrieval of suspended solids in medium- to high-turbiditywaters', *Remote Sensing*, 10(7). doi: 10.3390/rs10070982.
- Chavez, Jr. P S. 1996. *Image-Based Atmospheric Corrections – Revisited and Improved*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 62: 9, 1025-1036
- Eastman, J R. 2016. *TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling System – Manual*. Clark University. 397 p.
- ESA. 2013. *Sentinel-2 User Handbook*. European Satellite Agency Document. 64 p
- KLH. 2004. *Baku mutu air laut untuk biota laut*. Lampiran III. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup
- Liu, H., Li, Q., Shi, T., Hu, S., dan Wu, G. 2017. *Application of Sentinel 2 MSI Images to Retrieve Suspended Particulate Matter Concentrations in Poyang Lake*. *Remote Sensing*. 9(7), p. 761. doi: 10.3390/rs9070761.
- Parwati, E. and Purwanto, A. D. 2017. *Time Series Analysis of Total Suspended Solid (TSS) Using Landsat Data in Berau Coastal Area, Indonesia*. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 14(1), p. 61.
- Pereira, F. J. S. Costa, C. A. G dan Foerster, S. 2019. *Estimation of suspended sediment concentration in an intermittent river using multi-temporal high-resolution satellite imagery*.

- International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. Elsevier, 79(August 2018), pp. 153–161.
- Peterson, K. T., Sagan, V., Sidike, P., Cox, A.L. dan Martinez, M. 2018. Suspended sediment concentration estimation from landsat imagery along the lower missouri and middle Mississippi Rivers using an extreme learning machine. *Remote Sensing*, 10(10). doi: 10.3390/rs10101503.
- Samawi, M. F., Werorilangi, S. and Selamat, M. B. (2019) 'Elevated phosphate, ammonia and total suspended solids near sewage outlets and reclamation sites in coastal waters of Makassar, Indonesia', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 253(1). doi: 10.1088/1755-1315/253/1/012038.
- Selamat, M. B., Ukkas, M. dan Samawi, M.F. 2019. The Spectral Characterisation of suspended sediment at Makassar River Estuaries Using Sentinel 2A Imagery. *Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan VI*. Universitas Hasanuddin. ISBN 978-602-71759-5-2.
- SNI, 2014. Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri
- Wang, C., Li, W., Chen, S., Li, D., Wang, D. and Liu, J. 2018. The spatial and temporal variation of total suspended solid concentration in Pearl River Estuary during 1987–2015 based on remote sensing. *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 618(October), pp. 1125–1138. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.196.
- Witte, W.G., Whitlock, C.H. Usry, J.W. Morris W.D. and Gurganus, E.A. 1981. Laboratory Measurements of Physical, Chemical, and Optical Characteristics of Lake Chicot Sediment Waters. NASA Technical Paper 1941. NASA Scientific and Technical Information Branch.

