

KAPASITAS ASIMILASI TSS DI MUARA SUNGAI MAMUJU

Rahmat Januar Noor^{a,*}, Mahatma Lanuru^{a, b}, Ahmad Faizal^b, Fathuddin^a

^aSekolah Tinggi Teknologi Kelautan, Jln. Perintis Kemerdekaan VIII no.8, Makassar, Indonesia

^bUniversitas Hasanuddin, Jln. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar, Indonesia

*Koresponden penulis : rahmat_jn@stitek-balikdiwa.ac.id

Abstrak

Muara Sungai Mamuju merupakan estuari yang berperan melindungi ekosistem pesisir (mangrove, lamun, terumbu karang) dari dampak negatif intensifikasi pembukaan lahan di hulu dan pesisir. Pembukaan lahan untuk berbagai keperluan manusia mendorong terjadinya erosi sehingga mengakibatkan tingginya konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) di badan air sungai. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung waktu pembilasan, beban pencemar, dan kapasitas asimilasi sedimen di muara Sungai Mamuju. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi TSS masih memenuhi baku mutu untuk biota laut (mangrove : <80 mg/L) dengan pola sebaran semakin rendah apabila semakin jauh dari muara sungai. Waktu pembilasan pada lokasi penelitian yaitu 5,6 hari sehingga pertukaran air sungai dan air laut ± 65 kali per tahun. Beban pencemar diperoleh sebesar 586,11 ton/bulan. Nilai kapasitas asimilasi mencapai 255,57 ton/bulan. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa muara Sungai Mamuju telah mengalami kelebihan muatan sedimen.

Keywords: Kapasitas asimilasi, TSS, Estuari

Abstract

The Mamuju River Estuary is an estuary whose role is to protect coastal ecosystems (mangroves, seagrasses, coral reefs) from the negative effects of intensification of land clearing upstream and coastal. Land clearing for various human needs encourages erosion resulting in high TSS (*Total Suspended Solid*) concentrations in river water bodies. This study aimed to determine the flushing time, pollutant load, and assimilation capacity of the Mamuju River estuary on TSS pollutants. The results showed that TSS concentrations still met the quality standard for marine biota (mangroves: <80 mg/L) with a lower distribution pattern when getting further away from the river mouth. The flushing time at the study site is 5.6 days so the river and seawater exchange is ± 65 times per year. The pollutant load was 586.11 tons/month. The value of the assimilation capacity reaches 255.57 tons/month. Based on these results it can be concluded that the Mamuju River estuary has experienced an overload of sediment.

Keywords: *Assimilation capacity, TSS, Estuary*

PENDAHULUAN

Kabupaten Mamuju ialah ibu kota provinsi Sulawesi Barat yang tengah memasuki fase pembangunan. Hal tersebut mendorong terjadinya pemusatan penduduk di pusat aktivitas perekonomian dan pemerintahan dengan laju pertumbuhan penduduk tahun 2019 mencapai 2,42% [1]. Adapun pemanfaatan lahan di bagian hulu Kabupaten Mamuju didominasi oleh kegiatan pertanian, perkebunan, kehutanan, dan pertambangan sedangkan pada daerah pesisir terdapat pusat aktivitas pemerintahan, perekonomian,

pemukiman, dan pariwisata. Aktivitas-aktivitas tersebut berpotensi menghasilkan limbah baik dalam bentuk padat maupun cair.

Hampir seluruh kecamatan di Kabupaten Mamuju dilintasi oleh sungai [1] dan Sungai Mamuju merupakan salah satu sungai besar yang bermuara di Teluk Rangas Mamuju. Tingginya aktivitas manusia di sepanjang Sungai Mamuju menyebabkan tingginya pembukaan lahan dan memudahkan beban pencemar masuk ke sungai dimana sebagian besar limbah yang dialirkan ke sungai berupa sedimen [2]–[4]. Sedimen yang masuk ke sungai terbawa ke area muara sungai atau

Article history:

Diterima / Received 03-06-2020

Disetujui / Accepted 09-08-2020

Diterbitkan / Published 30-10-2020

©2020 at <http://jfmr.ub.ac.id>

estuari sebelum mencapai daerah pesisir dan laut. Estuari Sungai Mamuju secara geomorfologi berupa rataaan tergenang dan pada musim hujan memperoleh banyak angkutan sedimen dari sungai dan pada musim kemarau didominasi oleh aliran air laut [5]. Wilayah muara memiliki produktivitas tinggi dan berfungsi penting bagi berbagai habitat biota [6].

Sedimen dari daratan mengandung berbagai komponen, organik maupun oleh faktor fisik lainnya seperti pasang surut dan debit sungai [10]. Pada kondisi tertentu, sedimen di estuari dapat terbawa hingga ke pesisir dan laut lepas [11] sehingga menjadi faktor pembatas untuk ekosistem kunci di pesisir dan laut seperti pada lamun [12], [13] dan terumbu karang [14], [15].

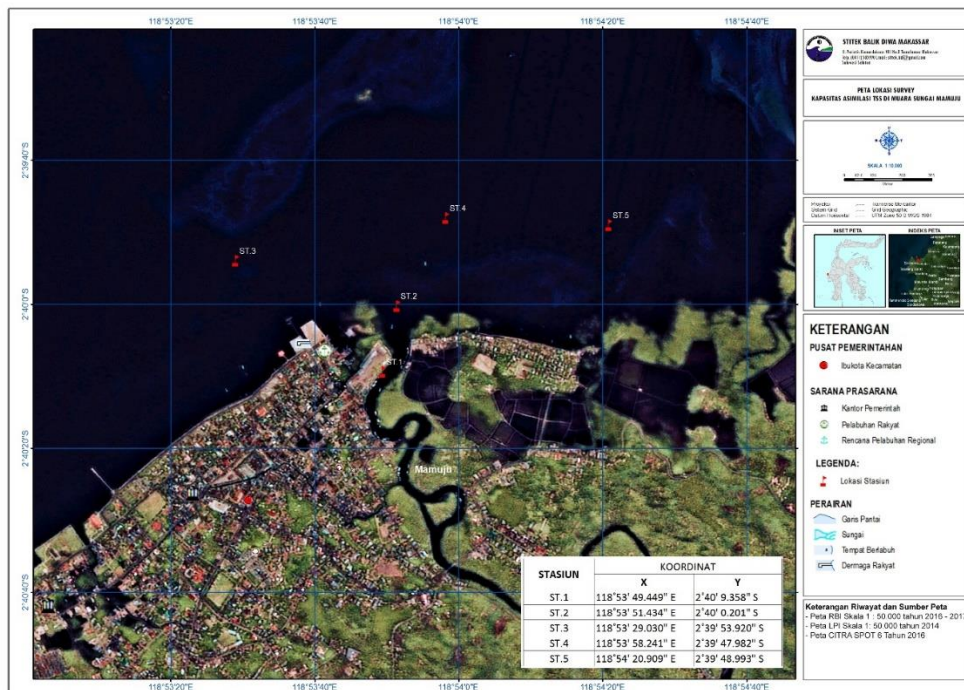
Berangkat dari permasalahan tersebut maka perlu menghitung kemampuan sistem muara sungai untuk memulihkan diri. Kapasitas asimilasi berhubungan dengan mekanisme perairan saat terjadi masukan bahan pencemar [16]. Perhitungan kapasitas asimilasi telah dilakukan di Teluk Jakarta[17] dan Teluk Lampung[18] namun tidak fokus pada parameter TSS. Penelitian terkait pencemaran perairan di Kabupaten Mamuju masih terbatas dan hanya tersedia terkait karakteristik sedimen[9] sedangkan potensi jasa ekosistem pesisir yang ada terus mengalami ancaman

anorganik dan pada kondisi berlebih maka kandungan sedimen menyebabkan terjadinya pengayaan unsur tertentu atau eutrofikasi [7]. Kondisi perairan yang eutrofik menyebabkan alga bloom, hipoksia, perubahan morfologi ikan, kematian ikan secara masif, dan hilangnya habitat ikan [8].

Sedimen di perairan berada pada kondisi tersuspensi dan dapat mengendap di dasar pada kondisi arus lemah [9]. Pergerakan sedimen di badan air estuari juga dipengaruhi pencemaran. Oleh karena itu penelitian mengenai kapasitas asimilasi di perairan pesisir Kabupaten Mamuju dapat dikategorikan sebagai riset perintis di bidang pencemaran. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung waktu pembilasan, beban pencemar, dan kapasitas asimilasi sedimen di muara Sungai Mamuju.

METODE

Lokasi penelitian di sekitar muara Sungai Mamuju. Penentuan titik pengamatan dilakukan secara *purposive* dengan memperhatikan kondisi topografi muara sungai. Lokasi pengambilan sampel dilakukan pada 5 (lima) titik sampel sedangkan pengukuran debit dilakukan pada 2 (dua) titik pengamatan (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian

Sumber data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer meliputi kecepatan arus, kedalaman, konsentrasi TSS, dan luas penampang sungai. Data sekunder mencakup kondisi pasang surut dan hasil penelitian terdahulu yang relevan.

Penentuan jenis pasang surut berdasarkan hasil analisis harmonik menggunakan metode admiralty [19]. Jenis pasang surut mengacu pada bilangan Formzahl yang diperoleh dari persamaan berikut.

$$F = \frac{K1+O1}{M2+S2} \quad (1)$$

Keterangan :

F : Bilangan Formzahl

$K1$: Komponen soli-lunar

$O1$: Komponen utama lunar diurnal

$M2$: Komponen utama lunar semidiurnal

$S2$: Komponen utama solar semidiurnal

Kecepatan arus diukur di stasiun pengamatan penentuan debit menggunakan *current meter* pada 2 kedalaman yaitu kedalaman 20% dan 80% [20]. Hasil dari pengukuran kecepatan arus dan kedalaman digunakan untuk menghitung debit sungai dan perhitungan volume muara menggunakan data luas sungai dan kedalaman [21].

Laju pengenceran (*dilution time*) dan waktu pembilasan (*flushing time*) dihitung berdasarkan *tidal exchange method* [22]. Rumusnya ialah sebagai berikut.

$$D = \frac{(Vp-Vs)}{(t.Vp)} \quad (2)$$

$$T = \frac{1}{D} \quad (3)$$

Keterangan :

D : Laju pengenceran (per hari)

Vp : Volume muara saat pasang (m^3)

Vs : Volume muara saat surut (m^3)

T : Waktu pembilasan (hari)

Konsentrasi TSS diperoleh berdasarkan sampel air dari muara Sungai Mamuju yang telah dikumpulkan. Sampel di analisis secara *ex situ* di Laboratorium Oseanografi Kimia FIKP Unhas dengan 3 kali pengulangan dari 2 kali pengamatan yaitu pada saat pasang dan surut.

Beban pencemar TSS di muara Sungai Mamuju dapat dihitung berdasarkan data debit

sungai dan konsentrasi TSS. Persamaan matematisnya ialah sebagai berikut.

$$BP = Q \times C \times 3600 \times 24 \times 30 \times 1 \times 10^{-6} \quad (4)$$

Keterangan ;

BP : Beban Pencemar (ton/bulan)

Q : Debit sungai (m^3/s)

C : Konsentrasi TSS (mg/l)

Nilai kapasitas asimilasi muara Sungai Mamuju diperoleh menggunakan analisis regresi dengan menempatkan beban pencemar sebagai variabel bebas dan konsentrasi pencemar sebagai variabel terikat. Perpotongan garis pada grafik hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat serta garis baku mutu air menunjukkan kapasitas asimilasi sungai terhadap konsentrasi bahan pencemar dengan baku mutu tertentu (TSS : 80 mg/l).

$$Y = a + bx \quad (5)$$

Keterangan ;

Y : Parameter konsentrasi pencemar

a : Perpotongan dengan sumbu tegak

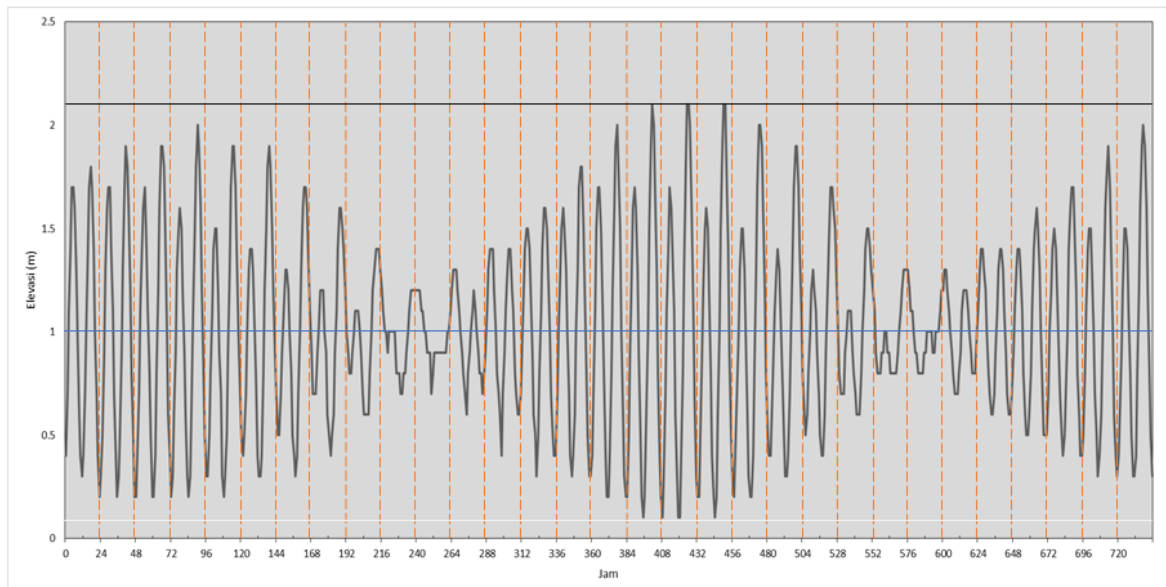
b : Koefisien regresi

x : Nilai beban pencemar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pasang surut

Pasang surut timbul sebagai akibat gaya gravitasi bumi dan efek sentrifugal. Secara deskriptif, pasang surut harian di lokasi penelitian menunjukkan pola 2 kali pasang dan 2 kali surut (Gambar 2). Untuk menentukan jenis pasang surut di lokasi penelitian ditentukan oleh bilangan Formzahl (F) sesuai persamaan (1) dengan menggunakan konstanta harmonik (Tabel 1). Berdasarkan hasil perhitungan maka nilai F yang diperoleh ialah 0,35. Nilai tersebut menunjukkan jenis pasang surut di lokasi penelitian ialah pasang surut condong ke harian ganda (*mixed semi diurnal tide*).



Gambar 2. Grafik pasang surut Kabupaten Mamuju

Tabel 1. Konstanta harmonik dengan metode admiralty

	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A (cm)	99.8	43.5	33.7	6.2	7.7	11.5	15.4	3.8	0.4	1.3
g (der)		283	177	151	177	250	27	250	191	342

Jenis pasang surut yang ditemukan di lokasi penelitian sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan pasang surut di Pulau Karampuang, Kabupaten Mamuju ialah pasang surut condong ke harian ganda ($F=0,56$) [23]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa di dalam 24 jam terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi muka air yang berbeda secara jelas antar dua pasang dan dua surut yang berurutan. Pasang surut memengaruhi gerak arus yang dapat menentukan pola sebaran padatan tersuspensi dari sungai [24].

Debit muara

Pengukuran debit muara Sungai Mamuju dilakukan pada bagian muara dan mulut muara dengan 2 (dua) periode pengamatan yaitu saat surut dan pasang. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit Sungai Mamuju saat pasang lebih besar ($5,75 \text{ m}^3/\text{s}$) dibandingkan saat surut ($1,77 \text{ m}^3/\text{s}$) (Tabel 2).

Ketika pasang air dari laut masuk ke sekitar muara sehingga menyebabkan perbedaan luas penampang muara sungai dimana ketika pasang luas penampang muara sungai lebih besar daripada saat surut. Kondisi tersebut menyebabkan aktivitas pembilasan bahan pencemar di muara terjadi ketika

pasang mengingat volume air yang berperan sebagai pelarut bahan pencemar lebih tinggi dibandingkan saat surut.

Tabel 2. Debit Sungai Mamuju

Periode	A (m^2)	Arus (m/s)	Q (m^3/s)
Surut	126,03	0,01	1,77
Pasang	148,03	0,04	5,75
Rata-rata			3,76

Volume muara

Perbedaan tinggi muka air saat pasang dan surut menyebabkan perbedaan volume muara. Pada saat surut, volume muara sebesar $182,74 \text{ m}^3$ sedangkan pada saat pasang, volume muara meningkat $196,05 \text{ m}^3$ (Tabel 3). Perbedaan volume muara saat pasang dan surut sebesar $13,31 \text{ m}^3$, nilai tersebut disebut juga volume prisma pasut.

Tabel 3. Volume Sungai Mamuju

Periode	A (m^2)	H (m)	V (m^3)
Surut	126,03	1,32	182,74
Pasang	148,52	1,45	196,05

Laju Pengenceran dan Waktu pembilasan

Laju pengenceran di muara Sungai Mamuju mencapai 0,178 per hari (Tabel 4). Volume air yang mengalami pengenceran yaitu 34,89 m³ per hari (hasil kali laju pengenceran dan volume muara saat pasang). Laju pengenceran yang baik dapat menguraikan konsentrasi bahan pencemar sehingga tidak bersifat toksik di badan air.

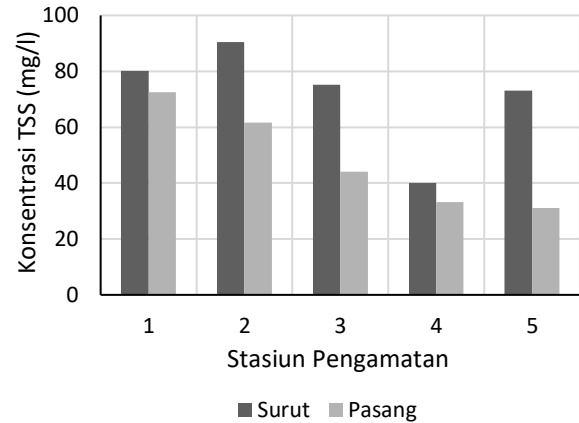
Tabel 4. Laju pengenceran

Periode	V (m ³)	t	D
Surut (Vs)	182,74	0,384	0,178
Pasang (Vp)	196,05		

Berdasarkan laju pengenceran maka dapat diketahui waktu pembilasan yaitu selama 5,6 hari. Waktu pembilasan merupakan waktu yang dibutuhkan oleh estuari untuk memindahkan massa air di dalamnya dan menggantinya dengan massa air laut. Waktu pembilasan di muara Sungai Mamuju mencapai 5,6 hari atau 65,18 kali per tahun. Setelah 5,6 hari maka massa air yang terdapat di muara saat pasang (196,05 m³) akan mengalami perpindahan dan digantikan dengan massa air yang baru. Waktu pembilasan muara Sungai Mamuju lebih cepat dibandingkan muara Sungai Batang Arau (6,5 hari) [25] namun lebih lambat dibandingkan waktu pembilasan yang diteliti di muara Sungai Nerbit Besar selama 0,6 – 1,1 hari [26]. Waktu pembilasan yang dibutuhkan oleh muara sungai erat kaitannya dengan kapasitas asimilasi yaitu semakin tinggi intensitas pembilasan yang terjadi maka kapasitas asimilasi muara sungai semakin baik.

Konsentrasi TSS

Konsentrasi TSS pada saat surut lebih tinggi daripada saat pasang. Pada saat surut, konsentrasi TSS berkisar antara 40,00 – 90,55 mg/l sedangkan ketika pasang sekitar 31,15 – 72,50 mg/l (Gambar 3). Berdasarkan hasil analisis maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi TSS telah melebihi baku mutu air laut untuk biota laut khususnya lamun dan karang (20 mg/l) namun masih mendukung pertumbuhan mangrove (80 mg/l).



Gambar 3. Konsentrasi TSS

Adanya pembangunan pemukiman di pinggir sungai menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan yang tadinya berupa mangrove dengan substrat berlumpur menjadi rumah dan tanggul dengan lapisan tanah yang keras. Oleh karena itu, meskipun masih dapat mendukung pertumbuhan mangrove namun perubahan struktur habitat menyebabkan mangrove sulit tumbuh. Ketiadaan ekosistem mangrove sebagai *sediment trap* alami di sekitar sungai dan muara sungai menyebabkan material dari hulu dapat mengalir cepat ke muara dan sampai di laut.

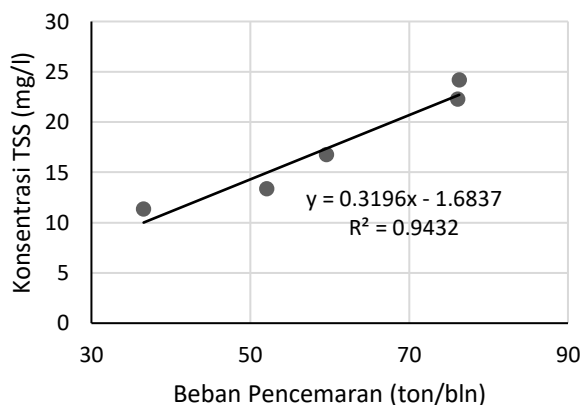
Beban Pencemar

Sumber sedimen di sekitar muara Sungai Mamuju berasal dari berbagai aktivitas pembukaan lahan yang dilakukan oleh manusia. Konsentrasi TSS di kolom air juga dapat meningkat akibat aktivitas resuspensi mengingat kondisi perairan estuari yang dinamis karena dipengaruhi oleh faktor fisik seperti arus, pasang surut, dan gelombang [5].

Untuk mengetahui pengaruh aktivitas tersebut terhadap kualitas air maka dapat dilakukan analisis beban pencemar (BP) untuk mengetahui perkiraan konsentrasi TSS yang masuk ke perairan. Konsentrasi rata-rata TSS di muara Sungai Mamuju sebesar 60,14 mg/l dengan debit rata-rata 3,76 m³/s. Berdasarkan nilai tersebut maka diperoleh beban pencemar harian 226,12 mg/s atau 586,11 ton/bulan. Nilai beban pencemar yang masuk ke badan air sungai menentukan kapasitas asimilasi perairan [18].

Kapasitas Asimilasi

Kapasitas asimilasi menunjukkan kemampuan sungai untuk menampung beban pencemar. Nilai R^2 pada Gambar 4 menunjukkan bahwa variasi konsentrasi TSS di sekitar lokasi penelitian dapat direpresentasikan berdasarkan konsentrasi TSS di muara dengan ketepatan 94,32%. Berdasarkan baku mutu TSS 80 mg/L untuk biota mangrove sebagai ekosistem kunci di estuari dan grafik hubungan konsentrasi dan beban pencemar (Gambar 4) maka diketahui bahwa kapasitas asimilasi muara sungai Mamuju terhadap TSS yaitu 255,57 ton/bulan.



Gambar 4. Hubungan konsentrasi TSS dan beban pencemar TSS

Nilai beban pencemar (TSS) berkisar 586,11 ton/bulan sehingga dengan kapasitas asimilasi yang hanya 255,57 ton/bulan maka kondisi muara Sungai Mamuju saat ini dapat dinyatakan telah mengalami kelebihan muatan TSS (*over capacity*). Kapasitas asimilasi yang lebih besar daripada beban pencemar memerlukan penanganan secara serius karena dapat menurunkan daya dukung sungai terutama terkait potensi terjadinya pendangkalan akibat sedimentasi di sekitar muara sungai [27] mengingat terdapat pelabuhan yang merupakan objek vital di bagian muara Sungai Mamuju.

Kondisi TSS yang melebihi kapasitas muara sungai menyebabkan sejumlah partikel tersuspensi akan mengalami perpindahan ke wilayah pesisir dan laut [11] utamanya pada puncak musim hujan [28]. Perairan pesisir Kabupaten Mamuju yang berbentuk teluk menyebabkan selisih kecepatan arus saat surut dan pasang tidak terlalu besar yaitu kecepatan arus rata-rata $0,02 \pm 0,01$ m/s. Hal tersebut menyebabkan partikel tersuspensi pada kolom

air cenderung dapat dengan mudah mengalami pengendapan dan menutupi permukaan lamun dan polip terumbu karang [9]. Keberadaan partikel tersuspensi pada ekosistem lamun dan karang berpotensi menurunkan fungsi ekologi dari ekosistem dan berdampak pada nilai ekonomi yang disediakan oleh ekosistem secara alami.

KESIMPULAN

Waktu pembilasan yang dibutuhkan oleh estuari Sungai Mamuju yaitu selama 5,6 hari atau kurang lebih 65 kali pembilasan per bulan. Konsentrasi TSS di muara Sungai Mamuju berkisar 40,00 – 90,55 mg/l pada saat surut dan 31,15 – 72,50 mg/l ketika pasang dengan pola sebaran yang semakin rendah ketika menjauhi sungai. Beban pencemar TSS di muara Sungai Mamuju mencapai 586,11 ton/bulan. Kapasitas asimilasi parameter TSS sebesar 255,57 ton/bulan. Berdasarkan rasio beban pencemar dan kapasitas asimilasi maka dapat disimpulkan bahwa muara Sungai Mamuju telah mengalami kelebihan muatan sedimen sehingga perlu peninjauan terhadap aktivitas masyarakat mulai dari hulu hingga pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, *Kabupaten Mamuju dalam Angka 2020*. Mamuju: BPS Kabupaten Mamuju, 2020.
- [2] N. Fathiyah, T. G. Pin, dan R. Saraswati, "Pola Spasial dan Temporal Total Suspended Solid (TSS) dengan Citra SPOT di Estuari Cilandiri, Jawa Barat," *Ind. Res. Workshop Natl. Semin.*, hlm. 518–526, Jul 2017.
- [3] C. Wilkinson dan B. Salvat, "Coastal resource degradation in the tropics: Does the tragedy of the commons apply for coral reefs, mangrove forests and seagrass beds," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 64, no. 6, hlm. 1096–1105, Jun 2012, doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.01.041.
- [4] J. N. Schadu, "Distribusi Dan Karakteristik Kualitas Perairan Ekosistem Mangrove Pulau Kecil Taman Nasional Bunaken," *Maj. Geogr.*

- Indones.*, vol. 32, no. 1, hlm. 40, Mar 2018, doi: 10.22146/mgi.32204.
- [5] A. M. Rangkuti, M. R. Cordova, A. Rahmawati, Yulma, dan H. E. Adimu, *Ekosistem Pesisir & Laut Indonesia*. Jakarta: Bumi Aksara, 2017.
- [6] R. Ramadoni, H. Surbakti, T. Z. Ulqodry, I. Isnaini, dan R. Aryawati, “Karakteristik Massa Air Dan Tipe Estuari Di Perairan Muara Sugihan Provinsi Sumatera Selatan,” *MASPARI J.*, vol. 10, no. 2, hlm. 169–178, Jul 2018.
- [7] M. Lukman *dkk.*, “Silikat Terlarut Di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan,” *J. Ilmu Dan Teknol. Kelaut. Trop.*, vol. 6, no. 2, hlm. 461–478, Desember 2014.
- [8] H. W. Paerl, N. S. Hall, B. L. Peierls, dan K. L. Rosignol, “Evolving Paradigms and Challenges in Estuarine and Coastal Eutrophication Dynamics in a Culturally and Climatically Stressed World,” *Estuaries Coasts*, vol. 37, no. 2, hlm. 243–258, Mar 2014, doi: 10.1007/s12237-014-9773-x.
- [9] R. J. Noor, “Characteristics And Sediment Distribution Of Coastal Mamuju District,” *Mar. Chim. Acta*, vol. 20, no. 2, hlm. 32–37, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.20956/mca.v20i2.9267>.
- [10] O. S. R. Ongkosongo, *Estuari, Muara Sungai, dan Delta*. Bandung: Lembaga Ilmu Pengetahuan, 2010.
- [11] G. Alves, M. Flores-Montes, F. Gaspar, J. Gomes, dan F. Feitosa, “Eutrophication and water quality in a tropical Brazilian estuary,” *J. Coast. Res.*, vol. 65, hlm. 7–12, Jan 2013, doi: 10.2112/SI65-002.1.
- [12] M. Hidayat dan N. Widyorini, “Analisis Laju Sedimentasi Di Daerah Padang Lamun Dengan Tingkat Kerapatan Berbeda Di Pulau Panjang, Jepara,” *Diponegoro J. Maquares*, vol. 3, no. 3, hlm. 73–79, 2014.
- [13] M. I. Saunders, S. Atkinson, C. J. Klein, T. Weber, dan H. P. Possingham, “Increased sediment loads cause non-linear decreases in seagrass suitable habitat extent,” *PLOS ONE*, vol. 12, no. 11, hlm. e0187284, Nov 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0187284.
- [14] R. Jones, R. Fisher, dan P. B. Browne, “Sediment Deposition and Coral Smothering,” *PLOS ONE*, vol. 14, no. 6, hlm. e0216248, 2019, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216248>.
- [15] I. A. Rahmitha, R. Ruswahyuni, dan S. Suryanti, “Laju Sedimentasi Pada Karang Massive Dan Karang bercabang Di Perairan Pulau Panjang Jepara,” *Diponegoro J. Maquares*, vol. 4, no. 2, hlm. 9–16, 2015.
- [16] F. Idris, C. J. Koenawan, J. Jumsurizal, dan A. D. Syakti, “Kapasitas Asimilasi Beban Pencemaran di Perairan Teluk Riau,” *Din. Marit.*, vol. 6, no. 2, hlm. 26–29, 2018.
- [17] Y. Suteja, “Beban Pencemar Dan Kapasitas Asimilasi Amonium dan Nitrat Saat Pucak Musim Barat di Teluk Jakarta,” *J. Mar. Aquat. Sci.*, vol. 2, no. 1, hlm. 16, Mei 2016, doi: 10.24843/jmas.2016.v2.i01.16-22.
- [18] L. Sembel, “Analisis Beban Pencemar dan Kapasitas Asimilasi di Estuari Sungai Belau Teluk Lampung,” *MASPARI J.*, vol. 4, no. 2, hlm. 178–183, 2012.
- [19] E. Supriyadi, S. Siswanto, dan W. S. Pranowo, “Karakteristik Pasang Surut di Perairan Pameungpeuk, Belitung, dan Sarmin Berdasarkan Metode Admiralty,” *J. Meteorol. Dan Geofis.*, vol. 19, no. 1, hlm. 29–38, 2018, doi: 10.31172/jmg.v19i1.518.
- [20] Badan Standarisasi Nasional, “SNI 3408:2015 Tata Cara Pengukuran Kecepatan Aliran Pada Uji Model Hidraulik Fisik (UMH-Fisik) dengan Alat Ukur Arus Tipe Baling-Baling.” BSN, 2015, [Daring]. Tersedia pada:

- <http://sni.litbang.pu.go.id/image/sni/isi/sni-34082015.pdf>
- [21] Badan Standarisasi Nasional, “SNI 8066:2015 Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung.” BSN, 2015, [Daring]. Tersedia pada: <http://sni.litbang.pu.go.id/image/sni/isi/sni-8066--2015.pdf>.
- [22] U. C. Barg, *Guidelines for The Promotion of Environmental Management of Coastal Aquaculture Development*. Roma: FAO, 1992.
- [23] S. Adibrata, “Analisis Pasang Surut Di Pulau Karampuang, PROVINSI Sulawesi Barat,” *Akuatik*, vol. 1, no. 1, hlm. 1–6, 2007.
- [24] H. S. Sanusi, “Karakteristik Kimiawi Dan Kesuburan Perairan Teluk Pelabuhan Ratu Pada Musim Barat Dan Timur,” *J. Ilmu-Ilmu Perair. Dan Perikan. Indones.*, vol. 11, no. 2, hlm. 93–100, Desember 2004.
- [25] W. A. E. Putri, “Kapasitas Asimilasi Bahan Pencemar Di Muara Sungai Batang Arau (Muara Padang), Sumatera Barat,” *Akuatik*, vol. 1, no. 1, hlm. 27–34, 2007.
- [26] R. K. Putra, R. Rifardi, dan E. Elizal, “Kapasitas Asimilasi Total Suspended Solid (TSS) di Muara Sungai Nerbit Besar Kelurahan Lubuk Gaung Kecamatan Sungai Sembilan Kota Dumai Provinsi Riau,” *J. Online Mhs.*, vol. 4, no. 1, [Daring]. Tersedia pada: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFAPERIKA/article/view/13058/12700>.
- [27] I. P. R. F. Maharta, I. G. Hendrawan, dan Y. Suteja, “Prediksi Laju Sedimentasi di Perairan Teluk Benoa Menggunakan Pemodelan Numerik,” *J. Mar. Aquat. Sci.*, vol. 5, no. 1, hlm. 44–54, Feb 2018, doi: 10.24843/jmas.2019.v05.i01.p06.
- [28] I. G. S. Risuana, I. G. Hendrawan, dan Y. Suteja, “Distribusi Spasial Total Padatan Tersuspensi Puncak Musim Hujan Di Permukaan Perairan Teluk Benoa, Bali,” *J. Mar. Aquat. Sci.*, vol. 3, no. 2, hlm. 223, Agu 2017, doi: 10.24843/jmas.2017.v3.i02.223-232.