

# Korelasi Konsentrasi Mikroplastik dengan Material Padatan Tersuspensi (MPT) di Perairan Delta Sungai Bodri, Kendal, Jawa Tengah

Sri Yulina Wulandari<sup>1\*</sup>, Bambang Yulianto<sup>2</sup>, Ocky Karna Radjasa<sup>3</sup>,  
Dwi Haryo Ismunarti<sup>1</sup>, Sri Sedjati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275, Jawa Tengah, Indonesia

<sup>3</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional Republik Indonesia

Jl. M.H. Thamrin No.8, Jakarta Pusat 10340, Indonesia

Email : yulina.wuland@gmail.com

## Abstract

### Correlation of Microplastic with Total Suspended Solid (TSS) Concentration in Bodri River Delta Waters, Kendal, Central Java

The Bodri river flow in Kendal Regency is a transportation route for sedimentary materials, waste disposal or garbage resulting from human activities on land to sea waters. One type of waste that is often found is plastic packaging. Until now, the use of plastic products is still high in society. In the environment, plastic waste (including that used for packaging) is difficult to decompose or degrade, but only fragmented into smaller sizes called microplastics. Microplastics (particle size < 5 mm) are widely distributed throughout aquatic ecosystems. Microplastics are one of the pollutants that can affect the food cycle for organisms in coastal and marine areas. This study was aimed to determine the relationship between the concentration of microplastics and suspended solids (MPT) at high tide and low tide. A total of 16 water samples were taken from eight (8) purposively determined stations. Sampling was carried out in July 2019 (dry season) during high and low tides. The research method used was descriptive quantitative. The concentration of microplastics was determined by the method recommended by NOAA, while the determination of the concentration of MPT was carried out by the gravimetric method. The results showed that the average concentration of microplastics at high tide was 2.207 mg/L compared to 2.615 mg/L at low tide. The average MPT concentration at high tide is 193 mg/L lower than at low tide, which was 419 mg/L. It could be said that the high mean concentration of microplastic and MPT at low tide indicated that more microplastic and MPT sourced from the mainland. By the statistical test using the Pearson correlation method, the relationship between microplastics and MPT was in the weak category. MPT affected the presence of microplastics only by 3.19% (with a coefficient of determination of 0.0319 and a p-value of 0.508). The presence of microplastics was not only caused by the presence of MPT, but was mostly thought to be influenced by other factors.

**Keyword:** Microplastic, Total Suspended Solid (TSS), Pearson Correlation, Bodri Delta Waters

## Abstrak

Aliran sungai Bodri di Kabupaten Kendal menjadi jalur transportasi bahan sedimen, buangan limbah atau sampah hasil dari aktivitas manusia di daratan menuju ke perairan laut. Salah satu jenis buangan sampah yang banyak dijumpai adalah plastik kemasan. Sampai sekarang, penggunaan produk plastik masih tinggi di masyarakat. Di lingkungan, sampah plastik (termasuk yang digunakan sebagai kemasan) sulit terurai, tetapi hanya terfragmentasi menjadi ukuran yang lebih kecil yang disebut mikroplastik. Mikroplastik (ukuran partikel < 5 mm) tersebar luas di seluruh ekosistem perairan. Mikroplastik menjadi salah polutan yang dapat mempengaruhi siklus makanan bagi organisme di wilayah pesisir dan laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi mikroplastik dengan material padatan tersuspensi (MPT) pada saat pasang dan surut. Sebanyak 16 sampel air diambil dari 8 stasiun yang ditentukan secara purposif. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Juli 2019 (musim kemarau) saat pasang dan surut. Metode penelitian yang dilakukan adalah deskriptif kuantitatif. Konsentrasi mikroplastik ditentukan dengan metode yang direkomendasikan oleh NOAA, sedangkan penentuan konsentrasi MPT dilakukan dengan metode gravimetri. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa rerata konsentrasi mikroplastik saat pasang lebih rendah yaitu sebesar 2,207 mg/L dibandingkan saat surut yaitu sebesar 2,615 mg/L. Rerata konsentrasi MPT saat pasang lebih rendah yaitu sebesar 193 mg/L dibandingkan saat surut yaitu sebesar 419 mg/L. Dapat dikatakan bahwa tingginya nilai rerata konsentrasi mikroplastik dan MPT pada saat surut mengindikasikan kalau mikroplastik dan MPT lebih banyak berasal dari daratan. Dari uji statistik dengan metode korelasi Pearson, hubungan antara mikroplastik dengan MPT termasuk kategori lemah. MPT mempengaruhi keberadaan mikroplastik hanya sebesar 3,19% (dengan koefisien determinasi sebesar 0,0319 dan

p-value 0,508). Keberadaan mikroplastik tidak hanya disebabkan oleh adanya MPT, tetapi sebagian besar diduga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain.

**Kata kunci :** Mikroplastik, Material padatan tersuspensi (MPT), Korelasi Perason, Perairan Delta Bodri

## PENDAHULUAN

Peningkatan produksi dan konsumsi plastik pada dekade-dekade sebelumnya seiring dengan meningkatnya jumlah sampah plastik yang di buang ke lingkungan baik secara sengaja maupun tidak sengaja, menimbulkan pencemaran (van Emmerik & Schwarz, 2020; Roscher, 2021). Pencemaran sampah plastik ini menjadi masalah lingkungan global sejalan dengan berkembangnya industri plastik dalam kaitannya memenuhi kebutuhan manusia. Statistik menunjukkan bahwa total 8,3 miliar ton produk plastik telah diproduksi hingga saat ini. Dari jumlah tersebut, sekitar 6,3 miliar ton telah dibuang. Sebanyak 79% dari plastik yang dibuang berakhir di tempat pembuangan sampah atau lingkungan alam, dan hanya 9% yang didaur ulang (Geyer, *et.al.*, 2017 dan Zhang, *et.al.*, 2020). Sampah plastik masuk ke perairan laut melalui berbagai cara. Sumber buangan sampah plastik dapat berasal dari daratan atau laut itu sendiri. Termasuk sumber berbasis lahan adalah dari luapan selokan atau sungai, limpasan badai, pengunjung pantai, aktivitas industry, konstruksi, pengelolaan limbah yang tidak memadai dan pembuangan ilegal. Sampah plastik berbasis laut terutama berasal dari industri perikanan, transportasi laut (Eriksen *et al.*, 2014 dan Ziajahromy *et al.*, 2017)). Diperkirakan sekitar 80% dari sampah plastik yang diketemukan di perairan laut berasal dari daratan (Mani *et al.*, 2015 dan Buwono *et al.*, 2021).

Terkait pengelolaan sampah di Kabupaten Kendal pada tahun 2019, diketahui sebanyak 21% timbulan sampah terjadi. Hal ini dikarenakan dari 577.274 m<sup>3</sup> volume sampah yang seharusnya diangkut, hanya 122.724 m<sup>3</sup> yang sudah terangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) (Kendal Dalam Angka 2020). Beragam jenis buangan sampah, antara lain sampah padat termasuk sampah plastik yang dibuang masuk ke jalur sungai. Hal ini berpotensi menimbulkan pencemaran di perairan.

Plastik merupakan senyawa polimer yang sukar untuk didegradasi. Tingkat degradasinya yang rendah menyebabkan, sampah plastik akan terakumulasi di lingkungan laut (Kershaw, 2016). Selama berada di lingkungan sampah plastik tersebut akan menjadi rapuh, mengalami proses fragmentasi, yaitu perubahan ukuran menjadi lebih kecil akibat tekanan, gesekan, fotooksidasi oleh radiasi sinar uv, benturan atau tumbukan dan biodegradasi (Alimi *et al.*, 2017; Tiwari, *et al.*, 2019; Zaw Oo *et al.*, 2021). Faktor lingkungan perairan seperti angin, gelombang dan abrasi menyebabkan plastik mengalami proses fragmentasi menjadi makroplastik dengan ukuran  $\geq 25$  mm, mesoplastik yang berukuran  $<25$  mm – 5 mm, mikroplastik dengan ukuran  $< 5$  mm (Lambert & Wagner, 2016; Tiwari *et al.*, 2019)

Kowalski *et al.* (2016) menyatakan, bahwa mikroplastik tersebar luas di ekosistem akuatik seluruh dunia. Mikroplastik diketemukan di kolom air, sedimen pantai, bahkan pada organisme laut. Dinyatakan pula oleh Yu *et al.* (2019) dan Lopez *et al.* (2021) bahwa mikroplastik berpotensi membahayakan ekosistem darat, perairan bahkan lingkungan udara karena sifat polutan ini yang tahan terhadap proses degradasi. Mikroplastik menjadi salah polutan yang dapat mempengaruhi siklus makanan bagi organisme di wilayah pesisir dan laut (Ma *et al.*, 2019; Roscher, 2021) Dibandingkan dengan sampah plastik yang berukuran lebih besar, mikroplastik berpotensi mengancam lebih serius terhadap organisme dengan tingkat trofik lebih rendah (termasuk plankton) yang proses pencernaannya rentan akan mikroplastik. Semakin kecil ukuran mikroplastik, semakin meningkat potensi mikroplastik masuk ke dalam sistem pencernaan organisme di perairan. Melalui proses bioakumulasi, hal ini akan berdampak pada organisme yang tingkat trofiknya lebih tinggi (Dewi *et al.*, 2015; Eo *et al.*, 2018).

Sungai Bodri yang berada di Kecamatan Patebon, Kabupaten Kendal merupakan salah satu sungai besar yang alirannya bermuara ke Laut Jawa. Aliran sungai Bodri menjadi jalur angkut material sedimen, buangan sampah atau limbah termasuk limbah plastik yang dihasilkan dari aktivitas masyarakat yang bermukim di sekitar perairan sungai tersebut. Buangan sampah atau limbah termasuk suspensi sedimen yang terbawa aliran sungai tersebut akan terendapkan di muara karena pengaruh pasang surut, arus dan gelombang (Siswanto, 2007).

Material padatan tersuspensi (MPT) atau *total suspended solid (TSS)* merupakan partikel yang melayang dalam kolom air, terdiri atas komponen biotik dan abiotik. Komponen biotik meliputi zooplankton, phytoplankton, bakteri, jamur (fungi). Komponen abiotik meliputi detritus dan partikel-partikel anorganik. MPT tersusun atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik hasil pengikisan atau erosi tanah yang terbawa masuk ke badan perairan. Padatan tersuspensi tersebut merupakan partikel yang mempunyai ukuran diameter  $> 1\mu\text{m}$  dan tertahan pada saringan *Millipore* dengan diameter pori  $0,45\mu\text{m}$ . Bahan-bahan tersuspensi tersebut dapat menimbulkan kekeruhan yang akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam kolom air yang diperlukan untuk proses fotosintesis di perairan (Effendi, 2003).

Salah satu faktor oseanografi yang berkaitan dengan keberadaan mikroplastik dan MPT adalah arus pasang surut. Arus pasang surut adalah pergerakan massa air menuju dan meninggalkan pantai. Pasang surut merupakan pergerakan massa air yang berpotensi mengangkut kedua jenis partikel tersebut dari satu tempat ke tempat lainnya di perairan. Di wilayah pesisir, pasang surut sangat dominan dalam proses sirkulasi massa air (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui korelasi antara konsentrasi partikel mikroplastik dan MPT pada saat pasang dan surut di perairan Delta Sungai Bodri Kendal.

## MATERI DAN METODE

Materi penelitian ini adalah sampel air yang diambil dari 8 stasiun di Perairan Muara Sungai Bodri, Kendal. Penentuan stasiun dilakukan dengan menggunakan *Global Positioning System (GPS)*. Yaitu, yang mewakili wilayah sungai, muara dan laut (Gambar 1, Tabel 1). Untuk wilayah laut terbagi 2 zona (zona perairan yang masih mendapat pengaruh dari sungai dan yang tidak ada pengaruh dari sungai). Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Juli 2019 dengan mempertimbangkan kondisi pasang dan surut.

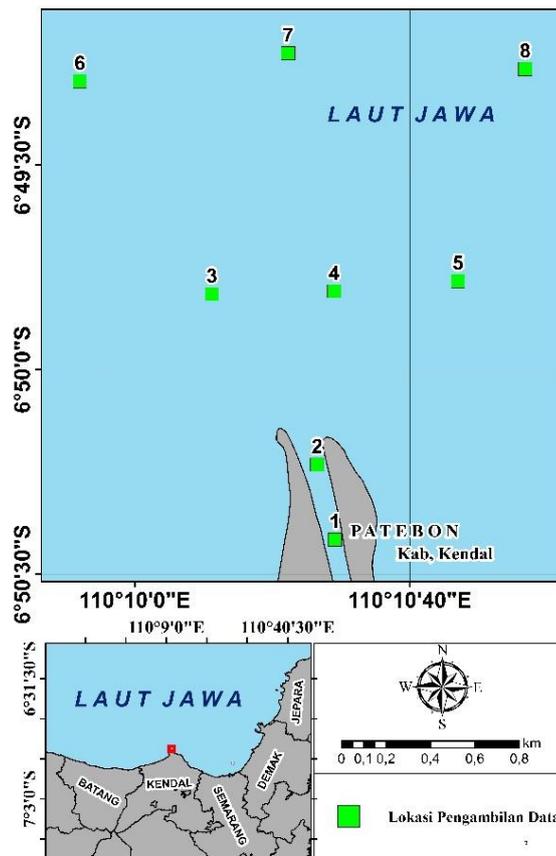
Sampel air yang diambil adalah air permukaan perairan. Pengambilan sampel untuk penentuan kandungan mikroplastik dilakukan dengan menggunakan plankton net. Sampel air yang tersaring dan sampel air untuk penentuan MPT selanjutnya di bawa ke laboratorium untuk di analisa baik kandungan mikroplastik maupun MPT nya.

Penentuan kandungan mikroplastik dilakukan berdasarkan prosedur yang direkomendasikan oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* atau NOAA (Masura *et al.*, 2015; Wulandari *et al.*, 2018; Wulandari *et al.*, 2021). Yaitu, sampel air laut terlebih dahulu disaring dengan menggunakan saringan stainless steel yang mempunyai ukuran pori  $0,3\text{ mm}$ . Residu yang tertahan pada saringan dipindahkan ke dalam beaker glass. Kemudian dilakukan penambahan larutan Fe (II)  $0,05\text{M}$ , hidrogen peroksida 30% dan larutan NaCl terhadap residu tersebut. Proses selanjutnya meliputi pemanasan, pemisahan berdasarkan densitas (*density separation*) dengan menggunakan *separating funnel*, dan analisa *gravimetri* untuk mendapatkan bobot mikroplastik dari sampel yang dianalisa.

Penentuan kandungan MPT atau TSS dilakukan dengan metode *gravimetri* (SNI M-03-1990 F). Yaitu, terlebih dahulu menimbang kertas saring Millipore dengan ukuran pori  $0,45\mu\text{m}$  yang sudah dikeringkan dalam keadaan kosong (A mg), kemudian menyaring sampel air dengan kertas saring tersebut, selanjutnya mengeringkan kertas saring berisi sampel, dan menimbang kembali kertas saring berisi sampel tersebut (B mg). Massa sedimen tersuspensi pada sampel air laut dapat diketahui dengan menimbang selisih bobot kertas saring kering setelah dan sebelum dilakukan filtrasi atau penyaringan (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005)

Konsentrasi MPT atau TSS dihitung dengan menggunakan rumus (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005). TSS atau MPT adalah materi padatan tersuspensi dalam satuan mg/L). A adalah bobot kertas saring berisi sampel sedimen kering (dalam satuan mg). B adalah bobot kertas saring kosong (dalam satuan mg). C adalah Volume sampel air (dalam satuan liter atau L).

Adapun data pasang surut diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang dapat diakses melalui website <http://ina-sealevelmonitoring.big.go.id/ipasut/>. Pengolahan data pasang surut menggunakan software MATLAB (U-Tide) (Triatmodjo, 2016). Grafik pasang surut dapat dilihat pada Gambar 3. Untuk mengetahui keterkaitan antara konsentrasi mikroplastik dengan MPT atau TSS, data hasil penelitian dianalisis secara statistik dengan menggunakan metode korelasi Pearson (Sarwono, 2013).



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian di Perairan Delta Sungai Bodri, Kecamatan Patebon, Kendal

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil penelitian diketahui bahwa kelimpahan mikroplastik di perairan Delta Sungai Bodri Kendal pada kondisi pasang berkisar 1,936–2,517 mg/L dengan rerata sebesar 2,207 mg/L. Konsentrasi mikroplastik tertinggi berada di stasiun 5 sebesar 2,517 mg/L dan konsentrasi terendah berada di stasiun 2 sebesar 1,936 mg/L. Pada kondisi surut, kelimpahan mikroplastik berkisar antara 1,680-3,604 mg/L dengan rerata sebesar 2,615 mg/L. Konsentrasi mikroplastik tertinggi saat surut berada di stasiun 1 sebesar 3,604 mg/L dan konsentrasi terendah saat surut berada di stasiun 8 sebesar 1,680 mg/L (Gambar 2).

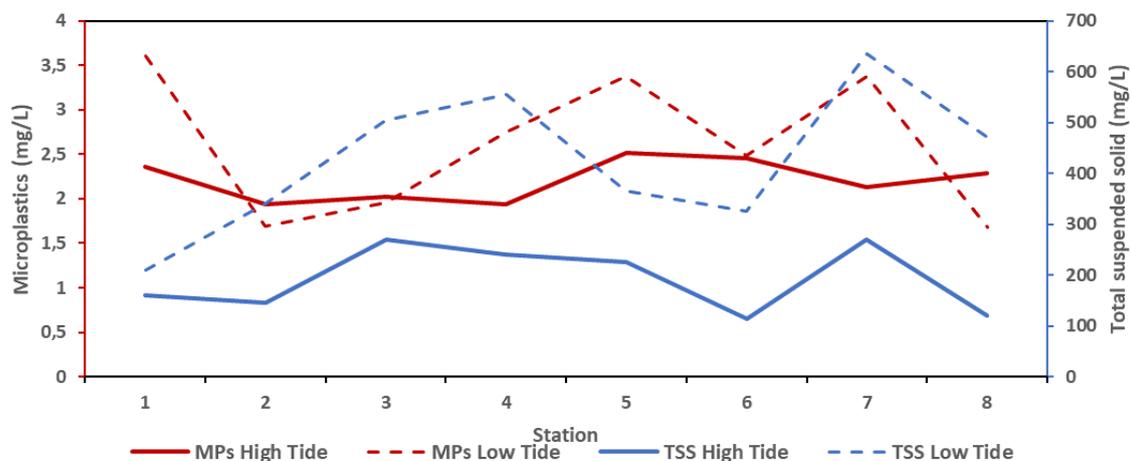
Konsentrasi TSS atau MPT di perairan Delta Sungai Bodri, Kendal pada kondisi pasang berkisar 115 – 270 mg/L dengan rerata sebesar 193 mg/L. Konsentrasi TSS tertinggi berada di stasiun 3 sebesar 270 mg/L dan terendah berada di stasiun 6 yaitu sebesar 115 mg/L. Pada keadaan surut, konsentrasi TSS atau MPT berkisar 210–635 mg/L dengan rerata sebesar 419 mg/L. Konsentrasi TSS tertinggi berada di stasiun 7 yaitu sebesar 635 mg/L dan konsentrasi TSS terendah berada di stasiun 1 yaitu sebesar 210 mg/L (Gambar 2).

Kandungan mikroplastik dengan nilai tertinggi di stasiun 5 dan terendah di stasiun 2 pada kondisi pasang menunjukkan, bahwa mikroplastik tersebut diduga terbawa oleh massa air laut yang berasal dari wilayah lain di luar wilayah kajian. Pergerakan massa air saat pasang menuju surut, dengan arus bergerak dari arah mendekati pantai (Gambar 4a) pada saat pengambilan sampel, menyebabkan terjadi akumulasi mikroplastik di stasiun 5. Oleh karenanya konsentrasi mikroplastik diketahui tinggi di stasiun 5 (pantai) dan semakin rendah di stasiun 2 (muara) Pada kondisi surut menuju pasang (Gambar 4b), konsentrasi mikroplastik tertinggi berada di stasiun 1 (badan sungai) dan terendah pada stasiun 8 (laut). Hal ini menunjukkan, bahwa sumber mikroplastik berasal dari

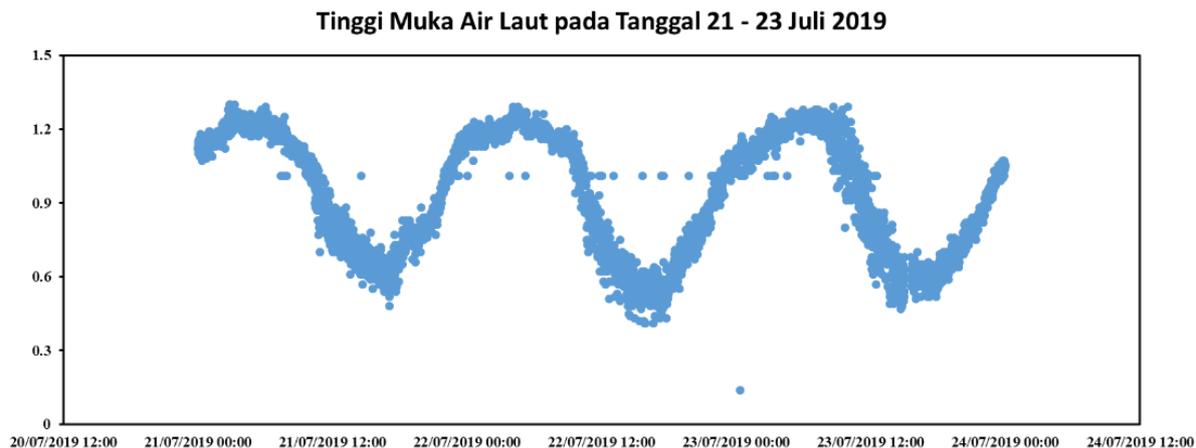
aktivitas antropogenik di daratan. Buangan yang mengandung mikroplastik masuk ke dalam wilayah sungai dan terangkut mengikuti aliran sungai menuju ke perairan laut. Pada kondisi demikian memungkinkan terjadi akumulasi polutan termasuk mikroplastik di badan sungai. Oleh karena itu konsentrasi mikroplastik diketahui masih tinggi di stasiun 1. Pada saat surut menuju pasang, massa air bergerak menjauhi daratan atau pantai. Akibatnya saat massa air bergerak menjauhi pantai menuju ke laut, konsentrasi mikroplastik berkurang sehingga diketahui rendah di stasiun 8 (laut). Sebagaimana hasil penelitian yang ditunjukkan Gambar 2, bahwa kandungan mikroplastik di daerah penelitian bervariasi saat pasang dan surut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Piton *et al.* (2020), bahwa pasang surut merupakan kekuatan utama proses dinamika di wilayah estuary.

Nilai konsentrasi TSS atau MPT pada saat pasang diketahui tinggi pada stasiun 3. Hal ini disebabkan posisi stasiun 3 di wilayah pantai banyak mendapat pengaruh dari arus maupun hampasan gelombang laut. Akibatnya terjadi pengadukan pada kolom air laut yang menimbulkan resuspensi sedimen atau lepasnya kembali sedimen dari dasar perairan masuk ke kolom air laut. Proses resuspensi sedimen juga berkaitan dengan kedalaman perairan. Dasar perairan di stasiun 3 lebih dangkal dibanding stasiun 6, sehingga nilai konsentrasi TSS atau MPT diketahui rendah di stasiun 6. Pada keadaan surut, diketahui nilai konsentrasi TSS atau MPT tertinggi pada stasiun 7 (laut). Hal ini disebabkan gerakan massa air laut baik arus maupun gelombang lebih dinamis, sehingga terjadi pengadukan massa air, sehingga suspensi tetap berada dalam kolom air. Sementara di stasiun 1 (badan sungai) dengan kondisi aliran air sungai yang lebih tenang (penelitian dilakukan saat musim kemarau) memungkinkan suspensi terendapkan ke dasar perairan, sehingga nilai konsentrasi TSS diketahui rendah di stasiun 1. Hal ini sesuai dengan Xiao *et al.*, (2020) yang menyatakan, bahwa distribusi TSS atau MPT di kolom air merupakan hasil dari kombinasi proses-proses erosi, pengendapan atau deposisi dan transportasi. Konsentrasinya dapat bervariasi berdasarkan skala waktu dan tempat. Dinyatakan juga oleh Phiton *et al.* (2020), bahwa wilayah estuari menerima partikel-partikel padat dari darat melalui aliran sungai maupun dari pantai melalui proses resuspensi sedimen saat air laut pasang. Adapun Gambar 3. menunjukkan tinggi muka air laut pada saat pengambilan sampel.

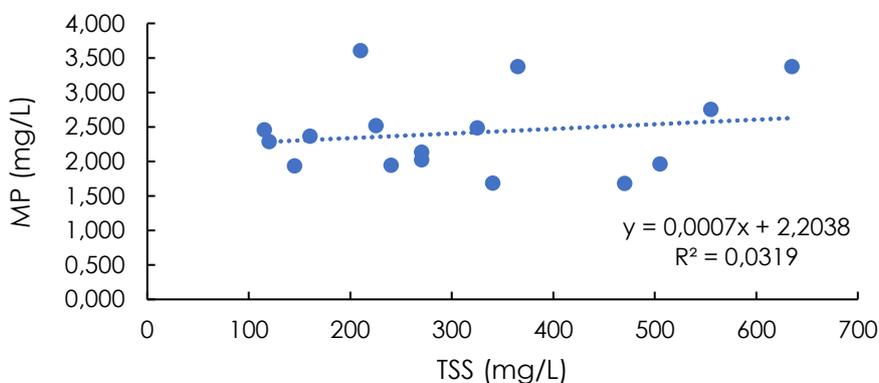
Penelitian tentang keterkaitan antara mikroplastik dengan material padatan tersuspensi (MPT) masih minim. Namun hal ini dapat dijelaskan, bahwa baik mikroplastik maupun MPT merupakan fasa padat. Mikroplastik termasuk partikel anorganik yang bersifat mengambang, melayang atau mengapung. Demikian halnya dengan MPT yang terdiri atas komponen organik dan anorganik bersifat melayang dalam kolom air. Hal ini memungkinkan mikroplastik berada bersama-sama dengan MPT. Dalam kondisi perairan yang tenang, MPT cenderung dapat terendapkan ke dasar perairan (Subardjo *et al.*, 2018). Mikroplastik dapat dengan mudah mengadsorpsi dan mengakumulasi polutan lain termasuk MPT dari lingkungan perairan. Oleh karenanya, mikroplastik merupakan absorben penting sebagai pembawa polutan di lingkungan perairan. Ini berarti mikroplastik dapat berikatan dengan MPT (Yang *et al.*, 2019)



**Gambar 2.** Grafik Konsentrasi Mikroplastik (MP) dan TSS pada kondisi pasang dan surut



Gambar 3. Range pasut pada saat pengambilan sampel



Gambar 4. Diagram scatter plot antara Mikroplastik (MP) dan TSS (MPT)

Berdasarkan uji statistik menggunakan korelasi Pearson, diperoleh nilai korelasi ( $r$ ) antara mikroplastik dan MPT sebesar 0,179 dengan jumlah sampel ( $n$ ) sebanyak 16. Menurut Sarwono (2013), nilai korelasi tersebut menunjukkan kalau korelasi antara mikroplastik dan TSS termasuk kategori lemah/rendah. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4, yang menunjukkan scatter plot diagram antara mikroplastik dan TSS atau MPT. Dalam penelitian ini, MPT mempengaruhi keberadaan mikroplastik hanya sebesar 3,19% (dengan koefisien determinasi sebesar 0,0319 dan  $p$ -value 0,508). Dapat dikatakan tingginya nilai konsentrasi mikroplastik pada salah satu stasiun pengambilan sampel, belum tentu disebabkan oleh kandungan MPT. Sebagian besar konsentrasi mikroplastik dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti volume limbah plastik hasil aktivitas antropogenik yang masuk ke dalam perairan, pergerakan massa air seperti arus dan pasang surut di perairan. Salah satu komponen MPT adalah bahan organik. Sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Zientika *et al.*, (2021) yang juga menemukan bahwa kelimpahan mikroplastik dan bahan organik mempunyai korelasi yang sangat lemah. Mikroplastik dengan bahan organik (terikat sebagai MPT) tidak memiliki hubungan yang signifikan.

**KESIMPULAN**

Konsentrasi mikroplastik di perairan Delta Sungai Bodri berfluktuasi pada keadaan pasang dan surut apabila ditinjau pada setiap stasiun. Rerata konsentrasi mikroplastik saat pasang lebih rendah yaitu sebesar 2,207 mg/L dibandingkan saat surut yaitu sebesar 2,615 mg/L. Rerata konsentrasi MPT saat pasang lebih rendah yaitu sebesar 193 mg/L dibandingkan saat surut yaitu sebesar 419 mg/L.

Dapat dikatakan bahwa tingginya nilai rerata konsentrasi mikroplastik dan MPT pada saat surut mengindikasikan kalau mikroplastik dan MPT lebih banyak berasal dari daratan. Dari uji statistik dengan metode korelasi Pearson, hubungan antara mikroplastik dengan MPT termasuk kategori lemah. MPT mempengaruhi keberadaan mikroplastik hanya sebesar 3,19% (dengan koefisien determinasi sebesar 0,0319 dan p-value 0,508). Keberadaan mikroplastik tidak hanya disebabkan oleh adanya MPT, tetapi sebagian besar diduga ditentukan oleh faktor-faktor lain

## DAFTAR PUSTAKA

- Alimi, O., Farner, J., Hernandez, L., & Tufenkji, N. (2017). Microplastics and Nanoplastics in Aquatic Environments: aggregation, deposition, and enhanced contaminant transport. *Environmental Science Technology*, 52(4), 1704-1724
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kendal. (2020). Kabupaten Kendal Dalam Angka. 528 hlm
- Buwono, N.R., Risjani, Y., & Soegianto, A. (2021). Distribution of Microplastic in Relation to Water Quality Parameters in the Brantas River, East Java, Indonesia. *Environmental Technology and Innovation*, 24, 101915
- Dewi, I.S., Budiarsa, A.A., & Ritonga, I.R. (2015). Distribution of Microplastic at Sediment in The Muara Badak Subdistrict, Kutai Kartanegara regency. *Depik*, 4(3), 121-131
- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta. 257 hlm
- Eo S., Hong, S.H., Song, Y.K., Lee, J., Lee, J.M., & Shim, W.J. (2018). Abundance, Composition, Distribution of Microplastics larger than 20  $\mu\text{m}$  in Sand Beaches of South Korea. *Environmental Pollution*, 238, 894-902
- Eriksen, M., Lebreton, L.C., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borroero, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G., & Reisser, J., (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS One*, 9, e111913
- Geyer, R., Jambeck, J., & Law, K.L. (2017). Production, Use, and Fate of All Plastics ever made. *Sci. Adv.* 3: 170-182
- Kowalski, N., Reichardt, A.M., & Waniek, J.J. (2016). Singking Rates of Microplastics and Potential Implications of their Alteration by Physical, Biological, and Chemical Factors. *Marine Pollution Bulletin*, 109, 310-319
- Lambert, S., & Wagner, M. (2016). Characterisation of Nanoplastic during the Degradation of Polystyrene. *Chemosphere*, 145, 265e268
- Lopez, A.D.F., Truchet, D.M., Rimondino, G.N., Maisano, L., Spetter, C.V., Buzzi, N.S., Nazzarro, M.S., Malanca, F.E., Furlong, O., & Severini, M.D.F. (2021). Microplastics and Suspended Particles in Strongly Impacted Coastal Environment: Composition, abundance, surface texture and interaction with metal ions. *Science of The total Environment*, 754, 142413
- Ma, P., Wei Wang, M., Liu, H., Feng Chen, Y. & Xia, J., (2019). Research on Ecotoxicology of Microplastics on Freshwater Aquatic Organism. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 31, 131-137
- Mani, T., Hauk, A., Walter, U., & Burkhardt-Holm, P. (2015). Microplastics Profile Along the Rhine river. *Scientific Reports*, 5 (17988), 4-11
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur C. (2015). Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment. NOAA Technical Memorandum NOS-OR & R-48, pp. 1-39
- Piton, V., Ouillon S., Vinh, V.D., Many G., Herrmann M., & Marsaleix P. (2020). Seasonal and Tidal Variability of The Hydrology and Suspended Particulate Matter in the van Uc Estuary, Red River, Vietnam. *Journal of marine Systems*, 211, 103403
- Poerbandono dan Djunarsjah, P. 2005. Survey Hidrografi. Refika Aditama, Bandung
- Roscher, L., Fehres, A., Reisel, L., Halbach, M., Scholz-Bottcher, B., Gerriets, M., Badewien, T.H., Shiravani, G., Wurpts, A., Primpke, S., & Gerdtts, G. (2021). Microplastic Pollution in the Weser Estuary and the German North Sea. *Environmental Pollution*, 288, 117681
- Sarwono J. (2013). Statistik Multivariat Aplikasi Untuk Riset Skripsi. Edisi ke 1. Andi Offset. 278 hlm
- Siswanto, A.D. (2007). Studi Aspek Geologi Di Perairan Delta Bodri, Kabupaten Kendal. *Embryo*, 4(2), 114-123

- Subardjo, P., Suryo, A.A.D., Pratikto, I., Handoyo, G., & Diani, K.P. (2018). Distribusi Material Padatan Tersuspensi di Muara Sungai Sambat, Kalimantan Barat. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(1): 22-28
- Tiwari, M., Rathod, T.D., Ajmal, P.Y., Bhangare, R.C., & Sahu, S.K. (2019). Distribution and Characterization of Microplastics in Beach Sand From Three Different Indian Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*, 140, 262-273
- Triatmodjo, B. 2016. Teknik Pantai. Cetakan ke-8, Beta Offset, Yogyakarta. 397 hlm
- Wulandari, S.Y., Muslim, Maslukah, L., Prasetyawan, I.P., Zainuri, M., Yusuf, M., & Hariyadi. (2018). Comparison of Microplastics Distribution in Estuary waters of West Banjir Kanal and East Banjir Kanal in Semarang, Indonesia. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology, Environment Science*, 20(suppl. No.2), S110-S115
- Wulandari, S.Y., Radjasa, O.K., Yulianto, B., Ismanto, A., Muslim, Marwoto, J., Siagian, H., & Maisyarah, S. (2021). Microplastics Model Distribution in Semarang Waters. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 25(1), 109-121
- Xiao, C., Kawanisi, A., & Al Sawaf, M.B. (2020). Suspend ed Particulate Matter Concentration in Respon to Tidal Hydrodynamics in along Mesotidal Floodway. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 233, p.106525
- Yang, Y., Liu, G., Song, W., Ye, C., Lin, H., Li, Z., & Liu, W. (2019). Plastics in the marine environment are reservoirs for antibiotic and metal resistance genes. *Environment International*, 123, 79-86.
- Yu, F., Yang, C., Zhu, Z., Bai, X., & Ma, J. (2019). Adsorption Behavior of Organic Pollutans and Metal on Micro/Nanoplastic in The Aquatic Environment. *Science of The Total Environment*, 699, 133643-133654.
- Zaw Oo, P., Boontanon, S.K., Boontanon, N., Tanaka, S., & Fujii, S. (2021). Horizontal Variation of Microplastics with Tidal Fluctuation in the Chao Phraya River Estuary, Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 173 (part A), 112933
- Zhang, W., Zhang, S., Zhao, Q., Qu, L., Ma, D., & Wang, J. (2020). Spatio-Temporal Distribution of Plastic and Microplastic Debris in the Surface Water of The Bohai Sea, China. *Marine Pollution Bulletin*, 158, p111343
- Ziajahromi, S., Neale, P.A., Rintoul, L., & Leusch F.D.L. (2017). Wastewater Treatment Plant as a Pathway for Microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Research*, 112, 93-99
- Zientika, Amin, B., & Yoswaty, D. (2021). Relationship Between Microplastics abundant and Sediment Organic Content in Dumai Coastal Waters. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 2(3), 154-159