

PENCEMARAN MIKROPLASTIK DI SEPANJANG PANTAI KABUPATEN TUBAN

Marita Ika Joesidawati

Universitas PGRI Ronggolawe
maritajoes@unirow.ac.id;maritajoes@gmail.com

Abstrak

Mikroplastik (pecahan plastik berukuran plastik <5 mm) di sepanjang pantai merupakan masalah yang harus dipecahkan di seluruh dunia, karena masuknya berasal dari limbah buangan berbagai kegiatan manusia. Untuk mengevaluasi tingkat pencemaran mikroplastik di sedimen pantai pada 45 lokasi di sepanjang pantai Kabupaten Tuban (± 65 km), mikroplastik dikuantifikasi dan dikategorikan pada empat kelas ukuran yang berbeda. Pantai-pantai dikelompokkan berdasarkan potensi sumber pencemaran yaitu muara sungai, wisata pantai dan pemukiman. Sampel sedimen dikumpulkan dari garis pantai pasang tinggi menunjukkan kelimpahan mikroplastik signifikan lebih tinggi daripada pada garis pantai pasang terendah. Pantai yang berdekatan dengan sungai menunjukkan kelimpahan mikroplastik yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan yang dipengaruhi oleh kegiatan wisata pantai dan pemukiman.

Kata kunci: HTL, LTL, mikroplastik pada sedimen, ukuran mikroplastik

1. PENDAHULUAN

Sampah-sampah di laut merupakan salah satu sumber pencemaran laut dan sebagai penyebab global berbagai dampak ekologis (Gregory, 2009; Rochman et al., 2013 a, b; Vegtner et al., 2014). Sampah antropogenik terakumulasi di ekosistem laut di seluruh dunia, dari perairan pesisir sampai laut dalam. Mayoritas sampah antropogenik yang ditemukan di laut terdiri dari bahan plastik (60-80%) (Derraik, 2002; Vegtner et al., 2014). Plastik adalah bagian kehidupan modern, ditemui setiap hari dalam kemasan makanan dan minuman, dalam barang-barang rumah tangga. Plastik populer karena sifatnya yang ringan, tahan lama dan harga murah, tetapi umur panjangnya menghadirkan tantangan ketika dibuang tidak benar, menghasilkan akumulasi jangka panjang di lingkungan. Tujuan akhir pembuangan barang-barang plastik adalah lautan. di mana mereka membentuk makroplastik (potongan plastik >5 mm, Moore, 2008) dan mikroplastik (potongan plastik <5 mm, Andrady, 2011; Cole et al., 2011; Nizzetto et al., 2016). Kejadian, kuantitas, jenis dan konsekuensi terhadap lingkungan akibat pencemaran plastik di daerah pesisir dan lautan telah dipelajari dengan baik sejak awal 1970-an (Carpenter and Smith, 1972; Colton et al., 1974).

Studi terbaru adalah mikroplastik, karena dapat menyebabkan bahaya yang lebih besar untuk organisme laut yang menempati tingkat trofik yang lebih rendah, seperti plankton, yang bersifat filter feeder mengkonsumsi

mikroplastik, dan berdampak pada organisme di tingkat trofik yang lebih tinggi melalui bioakumulasi (Eriksson dan Burton, 2003; Thompson et al., 2004; Ivar do Sul et al., 2013). Pencemaran mikroplastik mempunyai dampak luas, diantaranya kesehatan manusia, ekonomi, pariwisata dan estetika pantai (Thompson et al., 2009). Mikroplastik di lingkungan pesisir dan laut menyebabkan kerusakan serius pada kehidupan laut, ikan, kematian hewan laut melalui lilitan dan menelan puing-puing plastik, (Wilcox et al., 2015).

Mikroplastik dapat tersebar luas di lingkungan laut melalui hidrodinamik proses dan arus laut (Ng dan Obbard, 2006). Oleh karena itu, pencemaran mikroplastik telah menjadi masalah global yang perlu diwaspadai. Distribusi mikroplastik berbagai lingkungan laut di seluruh dunia, terdapat di kolom air, dekat pantai sedimen dan sedimen laut dalam. Beberapa penelitian telah menunjukkan mikroplastik juga berada di dalam tubuh organisme laut yang berbeda-beda. seperti zooplankton (Moore, 2008. Vroom et al., 2017; Sun et al, 2018), kerang (Browne et al., 2008; Silva et al., 2018; Ribeiro et al., 2017; Gündoğdu et al., 2017; Naji et al., 2018), polychaetes (Mathalon dan Hill, 2014; Leung dan Chan, 2018; Jang et al., 2018) dan berbagai jenis ikan (Lusher et al., 2013; Alomar et al., 2017; Wang et al., 2017). Pengambilan mikroplastik secara visual di organisme predator termasuk ikan (Phillips dan Bonner, 2015; Jabeen et al., 2017), dan invertebrata

pelagis (Cole et al., 2011; Wright et al., 2013; Murphy et al., 2017) menunjukkan adanya kemiripan fisiknya dengan mangsanya.

Sepanjang pantai Kabupaten Tuban juga berpotensi tinggi dalam pencemaran mikroplastik, dengan panjang garis pantai 65 km berbagai kegiatan manusia mulai perindustrian, pelabuhan, perikanan (budidaya dan penangkapan), kepariwisataan, pemukiman dan dan secara tidak langsung sebagai lahan pembuangan limbah. Namun belum ada informasi dampak pencemaran mikroplastik tersebut mulai dari sumber, pola distribusi mikroplastik di lingkungan laut mulai dari sedimen pantai-sediemna laut dalam, perairan permukaan sampai kolom air. Sehingga tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pencemaran mikroplastik pada sedimen sepanjang pantai Tuban, terutama di pantai berdekatan dengan muara sungai, daerah wisata pantai, dan pemukiman.

2. METODOLOGI

2.1 Lokasi Penelitian

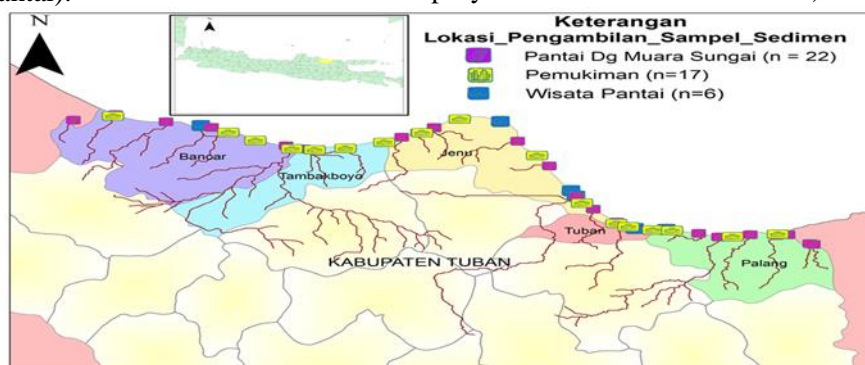
Lokasi penelitian adalah kawasan pesisir di sepanjang pantai Kabupaten Tuban dengan panjang pantai □ 65 km yang terbagi menjadi lima Kecamatan Pantai yaitu Kecamatan Palang, Tuban, Jenu, Tambakboyo serta Bancar. Seperti ditunjukkan pada Gambar . Menurut Joesidawati (2016) geomorfologi pantai di sepanjang pantai kabupaten Tuban didominasi daratan alluvial (40.70%) dan bentukan lahan marin terdiri backswamps (3.50%), dataran alluvial pantai (4.95%), gisik (0.70%), dan benting gisik (0.70%). Sedangkan klasifikasi pantai berdasarkan kegiatan manusia menunjukkan 20.5% (pemukiman tradisional), 10% (pemukiman baru), 8.06% (pelabuhan/perikanan tangkap), 39.4% (kota pesisir dengan berbagai kegiatan usaha penduduk), 0.45% (pantai reklamasi), 13,8% (budidaya perikanan), dan 6.94 % (wisata pantai).

Iklim di lokasi penelitian seperti di daerah lain di Indonesia, kabupaten Tuban terdiri dari dua musim, yakni musim hujan dan musim kemarau (beriklim tropis) dengan suhu rata-rata 20C – 33C dengan tipe iklim C dan D, dimana bulan basah dimulai pada Oktober-Mei, sedangkan bulan kering dari bulan Juli - September (BPS, 2017).

Kondisi iklim, seperti suhu udara, arah dan kecepatan angin, arah dan kecepatan arus dicatat selama waktu penelitian yaitu selama 1 bulan (Agustus 2018), kemudian data angin dianalisa menggunakan Perangkat lunak yang unduh secara gratis dari alamat web <http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>, kemudian data arus dianalisa untuk menggambarkan pola arus dan menganalisis pola arus dengan menggunakan program surfer 9 full version

(<http://www.goldensoftware.com/products/surfer>) sehingga kondisi angin dan pola arus dapat diketahui pula pengaruhnya terhadap distribusi mikroplastik.

Klasifikasi pantai berdasarkan kegiatan manusia dalam penelitian Joesidawati, (2016) digunakan sebagai dasar penentuan stasiun pengambilan sampel sedimen. Pada Gambar 1 menunjukkan lokasi pengambilan sampel dari sedimen yaitu pemukiman, daerah wisata pantai dan pantai yang berdekatan muara sungai. Menurut Xiong et al., (2018) pantai yang berdekatan muara sungai menerima sejumlah besar partikel plastik berbasis darat dengan berbagai ukuran dan didistribusikan kembali oleh arus pantai, pasang surut dan diangkut angin. Penentuan titik koordinat lokasi menggunakan program pemetaan online (www.latlong.net). Aksesibilitas diperiksa menggunakan citra satelit (Google Earth versi 7.1). Titik koordinat direkam dengan menggunakan aplikasi telepon seluler (Ez gApps GPS Coordinates Finder versi 1.2; proyeksiWGS 84 Web Mercator).



Gambar 1 Lokasi Penelitian dengan lokasi sampling di Sepanjang Pantai Tuban

2.2 Pengambilan Sampel Mikroplastik dari Sedimen Pantai

Sedimen dikumpulkan berasal dari empat puluh lima stasiun pengambilan sampel di sepanjang pantai Kabupaten Tuban pada bulan Agustus 2018 dengan metode yang dikembangkan Calvaho dan Baptista Neto (2016) yaitu saat garis pantai dengan pasang tertinggi (HTL/High Tide Line) dan pasang terendah (LTL/Low Tide Line) dalam satu bulan pengukuran pasang surut. Lokasi pengambilan sampel dipasang transek kuadrat berukuran 1 m x 1m, sedimen di ambil dengan kedalaman 5 cm (sampel mikroplastik yang diendapkan gelombang terakhir). Sedimen sampel dikumpulkan dan disimpan dalam ember plastik 10 lt baru. Untuk setiap sampel ditambahkan 7 lt larutan garam (NaCl) kemudian diaduk selama 10 menit. Selanjutnya dilakukan pengayakan basah dari supernatan dengan kertas saring untuk memisahkan ukuran pecahan mikroplastik (0,1-0,65; 0,65-1,25; 1,25-2,45 dan 2,45-4,75 mm) dan mesoplastik dengan kisaran ukuran antara 4,75 dan 9,5 mm. selama pengayakan, sampel dicuci dengan air suling untuk memisahkan dan menghilangkan partikel perekat. Hasil saringan dikeringkan dengan oven 60oC. Sampel disimpan dalam cawan petri untuk dianalisa. Mikroplastik dipisahkan dari partikel organik dan kemudian diidentifikasi secara visual di bawah stereo-mikroskop, untuk menentukan ukuran kelas. Ukuran kelas ini kemudian dipilah lagi sesuai penampilan, karakteristik mikroplastik (seperti dari kegiatan penangkapan, serat fragmen, styrofoam atau pellet praproduksi). Selama seluruh proses pemilahan menggunakan semua pakaian

tertutup dan menggunakan jas laboratorium untuk mencegah kontaminasi serat.

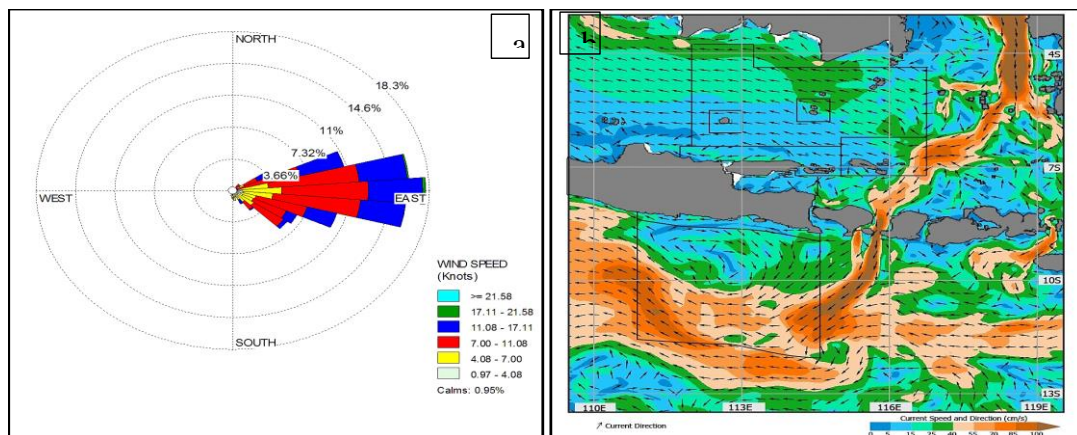
2.3 Analisis statistik

Untuk memahami variasi dalam distribusi mikroplastik menggunakan ANOVA satu arah dengan tingkat signifikansi 5%. Sebelum tes ANOVA, data distribusi mikroplastik diuji test Kolmogorov-Smirnoff untuk konfirmasi distribusi normal, dan tes Levene ($p > 0,05$) untuk menilai homogenitas. Analisa regresi linier digunakan untuk mengetahui jarak muara sungai dengan pantai. Analisa korelasi untuk menilai kelimpahan mikroplastik. Analisis regresi linier untuk menentukan hubungan antara mikro dan mesoplastik. Semua analisa statistik dilakukan dengan perangkat lunak Minitab versi 16.0.

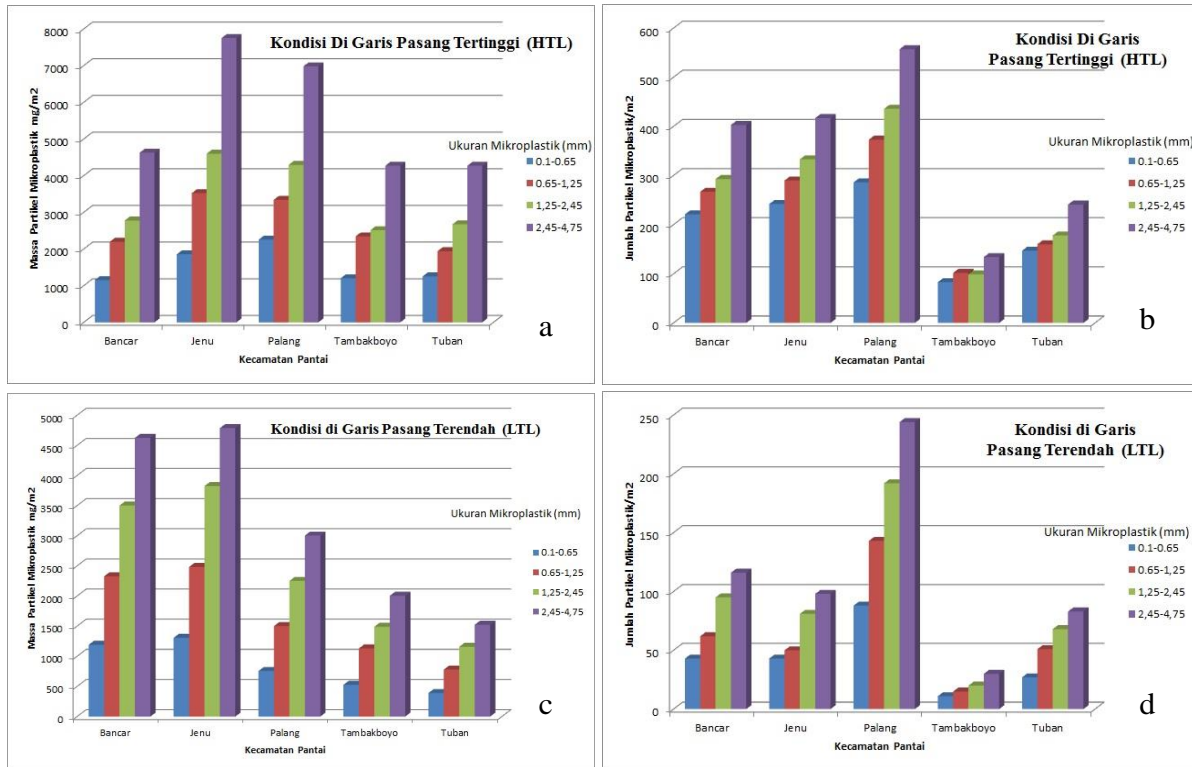
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh pasang surut terhadap distribusi mikroplastik

Partikel mikroplastik dengan berbagai ukuran dan jenis diamati dan dianalisis di semua empat puluh lima sedimen pantai sampel. Kondisi iklim, seperti suhu udara, kecepatan angin dan gelombang dicatat selama waktu penelitian, hasil menunjukkan kondisi tersebut mempengaruhi distribusi mikroplastik. Arah angin dari timur laut ke tenggara dan kecepatan angin 4.08-11.07 knot. (Gambar 2a) Arah arus dari barat ke barat laut dengan kecepatan 5.7 - > 11.1 cm/s (Gambar 2b). Xiong et al., (2018) menjelaskan bahwa berbagai ukuran mikroplastik didistribusikan kembali oleh arus pantai, pasang surut dan diangkut angin. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa arus dan pada bulan agustus juga membantu distribusi mikroplastik.



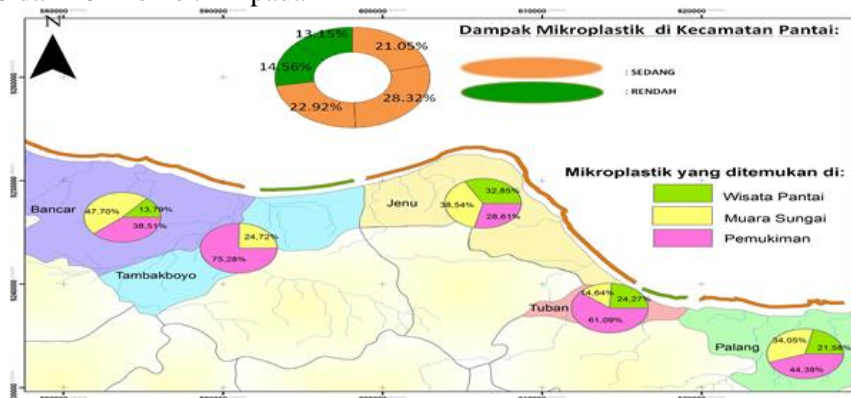
Gambar 2. (a) Kecepatan dan arah angin; (b) Kecepatan dan arah arus (pada Bulan Agustus 2018)



Gambar 3. Ukuran Mikroplastik berdasarkan berat kering (mg/m²) (a,b) dan berdasarkan jumlah partikel (nomor/m²) (c,d) di 4 Kecamatan Pantai

Pengaruh pasang surut terhadap distribusi mikroplastik dapat dilihat pada Gambar 3, menunjukkan, mikroplastik bercampur lebih banyak pada di garis pantai pasang tertinggi (HTL) karena mempunyai energi lebih tinggi. Partikel-partikel mikroplastik kurang berlimpah pada waktu garis pantai pasang terendah (LTL). Kisaran massa mikroplastik, dikumpulkan dari sedimen pantai di 45 lokasi pengambilan sampel sedimen yaitu 22 pantai dekat muara sungai, 17 pemukiman dan 6 wisata pantai menunjukkan HTL (230-3415 mg /m²; Rata-rata 1462,42 ± 876,71 mg/m²), adalah 2 kali lipat lebih tinggi daripada dari LTL (20-2915 mg /m²; Rata-rata 901,46 ± 792,661 mg /m²). Demikian pula, jumlah partikel mikroplastik berkisar antara 30 dan 201 nomor/m² pada HTL

dan 2 dan 101 nomor/m² pada LTL. Kisaran massa mikroplastik tersebut dalam berat kering dan ditemukan terbanyak Kategori ukuran partikel mikroplastik yang berbeda, kelas antara 2,45 dan 4,75 mm, memberikan kontribusi kuantitas tertinggi (massa), baik pada garis pantai pasang tinggi (42.39%) dan pasang surut (39,30%). Moore et al., (2001) melaporkan ukuran plastik antara 1 dan 2,8 mm sesuai dengan diameter > 61% dari total mikroplastik di California. Demikian pula, McDermid dan McMullen (2004) mengidentifikasi mikroplastik antara 2,8 dan 4,75 mm dengan > 48% di Hawaii; dan Moret-Ferguson et al.,(2010) menunjuk 69% untuk ukuran 2-6 mm, di Samudera Atlantik Utara.



Gambar 4 Kelimpahan mikroplastik berdasarkan klasifikasi kegiatan pantai dan dampaknya pada lima kecamatan Pantai

Gambar 4. menunjukkan mikroplastik yang ditemukan di semua kecamatan berasal dari kegiatan wisata pantai, pemukiman dan sungai dekat pantai, kecuali kecamatan Bancar hanya

dari kegiatan pemukiman dan sungai dekat pantai. Adapun berat kering dan jumlah mikroplastik yang ditemukan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Dominasi Sumber Mikroplastik, Berat Kering dan Jumlah Mikroplastik di lima Kecamatan Pantai

Kecamatan Pantai	Rata-rata Berat Kering Mikroplastik (mg/m ²)		
	Wisata Pantai	Muara Sungai	Pemukiman
Bancar	1544	5340.5	4312
Jenu	4948.5	5805	4310.5
Palang	2630	4150.5	5409.5
Tambakboyo		1914	5828.5
Tuban	1697.5	1024	4273
Kecamatan Pantai	Rata-rata Jumlah Partikel Mikroplastik (nomor/m ²)		
	Wisata Pantai	Muara Sungai	Pemukiman
Bancar	95	400.5	221
Jenu	256.5	588	443.5
Palang	73	212.5	415
Tambakboyo		53	301
Tuban	148	52	152

Konsentrasi tertinggi mikroplastik (Gambar 4 dan Tabel 1) ditemukan berada di dekat muara sungai, terutama sungai yang banyak penduduknya. Kondisi ini estuarine paling banyak sampah plastik (Rech et al., 2014; Zhao et al., 2015). Kelimpahan tersebut berkaitan dengan kepadatan penduduk (Yonkos et al., 2014). Pembuangan domestik, pembuangan industri dan kegiatan perkotaan, dapat diidentifikasi sebagai kontributor pencemaran mikroplastik yang terdapat di sedimen pantai (Zbyszewski et al., 2014). Selain itu, angin dan arus adalah pendorong lain dalam distribusi mikroplastik di sepanjang pantai (Kim et al., 2015). Selama musim barat daya (Juli-September) Pantai Tuban mendapat hembusan angin dari timur ke tenggara, sedangkan arus dari timur ke barat. sehingga pengaruh limpasan sungai dan perputaran ombak terbatas. Arus pantai dan transportasi angin dapat berkontribusi pada distribusi mikroplastik yang lebih tinggi di mulut sungai dan berdekatan pantai. Kurangnya manajemen plastik yang tepat (pembakaran tidak lengkap, pembakaran tidak terencana dan dumping dll) bisa menjadi penyebab utama untuk transportasi mikroplastik dan kelimpahan mereka yang relatif tinggi di pantai dekat muara sungai.

Analisa ANOVA dalam distribusi mikroplastik nilai significant pada semua kecamatan pantai (Anova, $p < 0.05$). Ini bisa dikaitkan dengan variasi spasial dalam berbagai

aktivitas manusia (antropogenik) dan lokasi juga mempengaruhi pasokan, hilangnya dan fraksinasi bahan plastik ke pantai. Untuk memberikan representasi visual yang lebih baik dari kelimpahan mikroplastik seperti ditunjukkan Gambar 4 sekaligus klasifikasi mikroplastik berdasarkan tipe kegiatan di pantai pada lima kecamatan Pantai yaitu kelimpahan mikroplastik paling tinggi di Kecamatan Jenu (28,32%), diikuti oleh Palang (22,92%), Bancar (21,05%), Tambakboyo (14,56%) dan Tuban (13,15%), sehingga dampak mikroplastik yang terjadi dapat digolongkan berdampak rendah-sedang. Karthik et al., (2018) menggolongkan dampak pencemaran mikroplastik suatu wilayah jika kelimpahan mikroplastik $> 50\%$ tercemar tingkat berat, 15-50% (sedang) dan $> 15\%$ (rendah). Pantai dengan pengaruh perkotaan dan aktivitas sungai yang terbatas (Tuban, dengan hanya satu sungai) menunjukkan kelimpahan mikroplastik yang paling sedikit. Jarak masing-masing dipelajari pantai dari muara sungai terdekat (dalam km) diperkirakan dan digunakan untuk menilai pengaruh transportasi sungai ke mikroplastik kelimpahan. Sebuah korelasi negatif tetapi tidak signifikan ($r = -0.375$, $n = 45$, $p = 0,05$) antara kelimpahan mikroplastik di pantai dan jarak mereka dari mulut sungai terdekat diperoleh. Hasil ini menunjukkan kemungkinan signifikan dari pasokan bahan plastik lokal antara kelimpahan mikroplastik di pantai dan jarak mereka dari mulut sungai

terdekat diperoleh. Vos et al., (2014) menjelaskan kontribusi partikel mikroplastik perlu dilakukan studi secara lebih mendalam untuk dapat mengidentifikasi sumber mikroplastik

4 KESIMPULAN

Penelitian ini adalah yang pertama dari jenisnya yang dilakukan di sepanjang Pantai Kabupaten Tuban yang menggambarkan kuantitatif penilaian pencemaran mikroplastik di empat puluh lima titik pengambilan sampel yang dilakukan pada garis pasang rendah dan tinggi). Perbandingan distribusi mikroplastik dalam kaitannya dengan transportasi sungai,

kegiatan pariwisata dan pemukiman kemungkinan dampaknya ke tingkat trofik yang lebih tinggi dalam rantai makanan, diman pantai yang berdekatan dengan muara sungai (22 lokasi), kegiatan pariwisata (6 lokasi), daerah dan pemukiman (17 lokasi). Kelimpahan tertinggi

mikroplastik sedimen pantai yang berhubungan dengan sungai menunjukkan bahwa sebagian besar partikel berbasis daratan. Penelitian selanjutna akan melanjutkan pada kelimpahan mikroplastik primer maupun sekunder serta karakteristik karakteristik mikroplastik dan juga melakukan analisa terhadap ikan laut komersial (ikan pelagis yang penting) yang dipengaruhi oleh polusi plastik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dilakukan sebagai bagian dari penelitian penilaian dampak lingkungan wilayah pesisir. Ucapan Terimakasih atas dukungan moril dari LSM Satria Manggala Buana di Kabupaten Tuban

DAFTAR PUSTAKA

Alomar, C., Sureda, A., Capó, X., Guijarro, B., Tejada, S., & Deudero, S. (2017). Microplastic ingestion by *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. *Environmental Research*, 159:135–142.

Andrady, A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 1596_1605

BPS, (2017) Badan Pusat Statistik. Laporan Tahunan 2016

Browne, M.A., Dissanayake, A., Galloway, T.S., Lowe, D.M., Thompson, R.C.,(2008).Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of

the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science and Technology* 42 (13):5026 - 5031

- Carpenter, E.J., Anderson, S.J., Harvey, G.R., Miklas, H.P., Peck, B.B.,(1972). Polystyrene spherules in coastal water. *Science* 178: 749–750
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12): 2588–2597.
- Cole, Matthew; Lindeque, Pennie; Halsband, Claudia; Galloway, Tamara S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin.* 62: 2588–2597.
- Colton, J.B., Knapp, F.D., (1974) Plastic particles in surface waters of the northwestern Atlantic. *Science* 185: 491–497.
- Erikson, C., Burton, H., (2003). Origins and biological accumulation of plastic particles in fur seals from Macquarie Island. *Ambio* 32: 380–384.
- Gregory, M. R. (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings--entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2013–2025.
- Gündoğdu, S., Çevik, C., & Karaca, S. (2017). Fouling assemblage of benthic plastic debris collected from Mersin Bay, NE Levantine coast of Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 124(1):147–154.
- Ivar do Sul, J. A., Costa, M. F., Barletta, M., & Cysneiros, F. J. A. (2013). Presence of pelagic microplastics around an archipelago of the Equatorial Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, 75:305–309.
- Jabeen, K., Su, L., Li, J., Yang, D., Tong, C., Mu, J., & Shi, H. (2017). Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environmental Pollution*, 221: 141–149.
- Jang, M., Shim, W. J., Han, G. M., Song, Y. K., & Hong, S. H. (2018). Formation of microplastics by polychaetes (*Marphysa sanguinea*) inhabiting expanded polystyrene marine debris. *Marine Pollution Bulletin*, 131: 365–369.

- Joesidawati, M.I. (2016) Klasifikasi Pantai Di Pesisir Tuban Jawa Timur Publikasi Seminar Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang. Volume: VI, ISBN: 978-602-72784-1-7
- Karthik, R., Robin, R. S., Purvaja, R., Ganguly, D., Anandavelu, I., Raghuraman, R., ... Ramesh, R. (2018). Microplastics along the beaches of southeast coast of India. *Science of The Total Environment*, 645, 1388–1399.
- Kim, I., Chae, D., Kim, S., Choi, S., Woo, S., (2015). Factors influencing the spatial variation of microplastics on high-tidal coastal beaches in Korea. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 69: 299–309.
- Leung, J., & Chan, K. Y. K. (2018). Microplastics reduced posterior segment regeneration rate of the polychaete *Perinereis aibuhitensis*. *Marine Pollution Bulletin*, 129(2):, 782–786.
- Lusher, A. L., McHugh, M., & Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67(1-2): 94–99.
- Mathalon, A., & Hill, P. (2014). Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1):69–79.
- McDermid, K.J., McMullen, T.L., (2004). Quantitative analysis of small-plastic debris on beaches in the Hawaiian Archipelago. *Mar. Pollut. Bull.* 48 (7): 790–794.
- Moore, C.J., (2008). Synthetic Polymers in the Marine Environment: a Rapidly Increasing, Long-term Threat. *Environmental Research*, Elsevier: 131–139.
- Moore, C.J., (2008). Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research* 108: 131–139.
- Moore, C.J., Moore, S.L., Leecaster, M.K., Weisberg, S.B., (2001). A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 42 (12):1297–1300.
- Moret-Ferguson, S., Law, K.L., Proskurowski, G., Murphy, E.K., Peacock, E.E., Reddy, C.M., (2010). The size, mass, and composition of plastic debris in the western North Atlantic Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 60: 1873–1878.
- Murphy, F., Russell, M., Ewins, C., & Quinn, B. (2017). The uptake of macroplastic & microplastic by demersal & pelagic fish in the Northeast Atlantic around Scotland. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1-2):, 353–359.
- Naji, A., Nuri, M., & Vethaak, A. D. (2018). Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environmental Pollution*, 235:113–120.
- Ng, K. L., & Obbard, J. P. (2006). Prevalence of microplastics in Singapore's coastal marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 52(7):761–767.
- Ng, K.L., Obbard, J.P., (2006) Prevalence of microplastics in Singapore's coastal marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 52: 761-767.
- Nizzetto, L., Bussi, G., Futter, M. N., Butterfield, D., & Whitehead, P. G. (2016). A theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their retention by soils and river sediments. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 18(8): 1050–1059.
- Phillips, M. B., & Bonner, T. H. (2015). Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 100(1): 264–269.
- Rech, S., Macaya-Caquilpan, V., Pantoja, J., Rivadeneira, M., Madariaga, D.J., Thiel, M., (2014) Rivers as a source of marine litter-a study from the SE Pacific. *Mar. Pollut. Bull.* 82 (1): 66–75.
- Ribeiro, F., Garcia, A. R., Pereira, B. P., Fonseca, M., Mestre, N. C., Fonseca, T. G., Bebianno, M. J. (2017). Microplastics effects in *Scrobicularia plana*. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1-2): 379–391
- Rio de Janeiro, RJ, Brazil. Derraik, J.G.B., (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 44 (9), 842-852.
- Rochman, C.M., Browne, M.A., Halpern, B.S., Hentschel, B.T., Hoh, E., Karapanagioti, H.K., Rios-Mendoza, L.M., Takada, H., Teh, S., Thompson, R.C., (2013a). Policy: classify plastic waste as hazardous. *Nature* 494: 169-171.
- Rochman, C.M., Hoh, E., Hentschel, B.T., Kaye, S., (2013b) Long-term field measurement of sorption of organic

- contaminants to five types of plastic pellets: implications for plastic marine debris. *Environ. Sci. Technol.* 47 (3): 1646-1654.
- Silva, J. D. B., Barletta, M., Lima, A. R. A., & Ferreira, G. V. B. (2018). Use of resources and microplastic contamination throughout the life cycle of grunts (*Haemulidae*) in a tropical estuary. *Environmental Pollution*, 242:1010–1021.
- Sun, X., Liu, T., Zhu, M., Liang, J., Zhao, Y., & Zhang, B. (2018). Retention and characteristics of microplastics in natural zooplankton taxa from the East China Sea. *Science of The Total Environment*, 640-641:232–242
- Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & Vom Saal, F. S (2009). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364:1973–1976.
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., McGonigle, D., Russell, A.E., (2004) Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304, 838.
- Vegtner, A.C., Barletta, M., Beck, C., Borrero, J., Burton, H., Campbell, M.L., Eriksen, M., Eriksson, C., Estrades, A., Gilardi, K.V.K., Hardesty, B.D., Assuncao, J., do Sul, I., Lavers, J.L., Lazar, B., Lebreton, L., Nichols, W.J., Ribic, C.A., Ryan, P.G., Schuyler, Q.A., Smith, S.D.A., Takada, H., Townsend, K., Wabnitz, C.C.C., Wilcox, C., Young, L.C., Hamann, M., (2014) Global research priorities to mitigate plastic pollution impacts on marine wildlife. *Endanger. Species Res.* 25: 225-247.
- Vroom, R. J. E., Koelmans, A. A., Besseling, E., & Halsband, C. (2017). Aging of microplastics promotes their ingestion by marine zooplankton. *Environmental Pollution*, 231: 987–996.
- Wang, Z.-M., Wagner, J., Ghosal, S., Bedi, G., & Wall, S. (2017). SEM/EDS and optical microscopy analyses of microplastics in ocean trawl and fish guts. *Science of The Total Environment*, 603-604:616–626.
- Wilcox, C., Van Sebille, E., & Hardesty, B. D. (2015). Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(38): 11899–11904.
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178: 483–492.
- Xiong, X., Zhang, K., Chen, X., Shi, H., Luo, Z., Wu, C., (2018). Sources and distribution of microplastics in China's largest inland lake—Qinghai Lake. *Environ. Pollut.* 235: 899–906.
- Yonkos, L.T., Friedel, E.A., Perez-Reyes, A.C., Ghosal, S., Arthur, C.D., (2014). Microplastics in four estuarine rivers in the Chesapeake Bay, USA. *Environ. Sci. Technol.* 48 (24):14195–14202.
- Zbyszewski, M., Corcoran, P.L., Hockin, A., (2014). Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along shorelines of the Great Lakes, North America. *J. Great Lakes Res.* 40 (2): 288–299.
- Zhao, S., Zhu, L., Li, D., (2015). Characterization of small plastic debris on tourism beaches around the South China Sea. *Reg. Study. Mar. Sci.* 1: 55–62.