

Analisis Konsentrasi Dan Sebaran Mikroplastik Di Muara Sungai Bedahan, Wonokerto, Kabupaten Pekalongan

Doding Akka Damanik*, Sugeng Widada dan Rikha Widiaratih

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: dodingakkadamanik@students.undip.ac.id

Abstrak

Kabupaten Pekalongan dikenal sebagai kota industri, dimana terdapat berbagai aktivitas dan kegiatan antropogenik. Hasil dari aktivitas antropogenik tersebut menghasilkan buangan limbah cair dan padat. Perairan bedahan merupakan salah satu wilayah yang menjadi dampak dari hasil buangan limbah dari aktivitas antropogenik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan dan sebaran mikroplastik di air dan sedimen di muara Sungai Bedahan, Pekalongan. Sungai Bedahan merupakan sungai terbesar dengan banyak aktivitas antropogenik di sekitarnya. Sampling dilakukan pada tanggal 25 Juni 2023 saat musim timur di Muara Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan. Penelitian dilakukan pada keadaan surut menuju pasang dengan pengambilan data lapangan berupa sampel mikroplastik pada 8 titik dan sedimen diambil di 3 titik. Hasil menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik sebesar 99 – 347 partikel/m³ pada sampel air dan 653 – 1368 partikel/kg pada sampel sedimen. Jenis mikroplastik yang paling mendominasi yaitu fragment dan film serta warna yang paling banyak ditemukan adalah hitam (>50%). Kelimpahan dan sebaran mikroplastik terbesar pada sampel air terdapat di perairan lepas dan pada sampel sedimen kelimpahan dan sebaran mikroplastik terbesar terdapat di daerah pesisir. Sebaran mikroplastik dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik serta hidrodinamika. arus bergerak dari arah timur menuju ke barat. Dari hasil model arus didapat kecepatan tertinggi sebesar 0.225 m/s. Arus memiliki peran penting untuk distribusi mikroplastik perairan. Selain faktor arus, sebaran mikroplastik pada permukaan air dipengaruhi oleh debit air sungai yang membawa mikroplastik menuju ke daerah lautan.

Kata kunci: Mikroplastik, Pekalongan, Sampah Laut, Perairan Bedahan

Abstract

Analysis Of Concentration And Distribution Of Microplastics In The Bedahan River Estuary, Wonokerto, Pekalongan Regency

Pekalongan Regency is known as an industrial city, where there are various anthropogenic activities and activities. The results of these anthropogenic activities produce liquid and solid waste. Bedahan waters are one of the areas affected by waste from anthropogenic activities. This study aims to determine the understanding and distribution of microplastics in the air and sediment at the Bedahan River estuary, Pekalongan. Bedahan River is the largest river with many anthropogenic activities around it. Sampling was carried out on June 25, 2023 during the east season at the Bedahan River Estuary, Pekalongan Regency. The study was conducted at low tide to high tide with field data collection in the form of microplastic samples at 8 points and sediment taken at 3 points. The results showed that microplastics were 99 - 347 particles / m³ in air samples and 653 - 1368 particles / kg in sediment samples. The most dominant types of microplastics are fragments and films and the most common color found is black (> 50%). The greatest abundance and distribution of microplastics in air samples are found in open waters and in sediment samples the greatest distribution and distribution of microplastics are found in coastal areas. The distribution of microplastics is influenced by anthropogenic activities and hydrodynamics. Modeling of microplastic distribution is made using hydrodynamic modeling. the current moves from east to west. From the results of the current model, the highest speed is 0.225 m/s. Currents play an important role in the distribution of aquatic microplastics. In addition to current factors, the distribution of microplastics on the air surface is influenced by the discharge of river water that carries microplastics to the ocean area.

Keywords: Microplastics, Pekalongan, Marine Debris, Bedahan Waters

PENDAHULUAN

Kabupaten Pekalongan berbatasan langsung dengan Laut Jawa di bagian utara, sehingga, memiliki banyak sungai yang dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas manusia dan pariwisata. Muara sungai merupakan

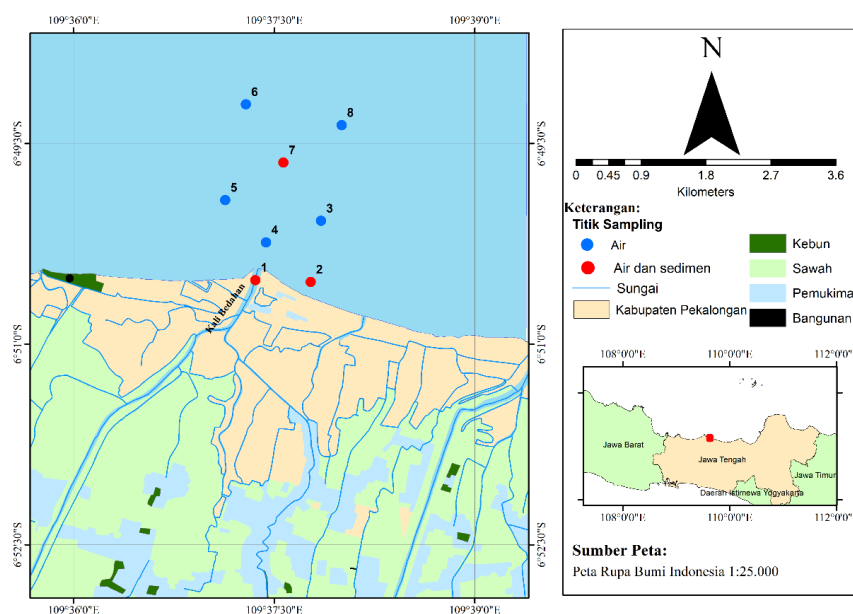
titik pertemuan air tawar dan laut yang mempengaruhi karakteristik laut seperti salinitas dan sedimen. Aktivitas manusia di wilayah pesisir, termasuk di Perairan Bedahan yang merupakan pertemuan beberapa sungai besar seperti Sungai Sragi Baru, Mrican, dan Sungai Bedahan, dapat meningkatkan pencemaran dengan limbah plastik yang mempengaruhi kualitas air dan kehidupan organisme di muara tersebut (Bramastya *et al.*, 2021). Muara Bedahan juga digunakan sebagai jalur nelayan, Tempat Pelelangan Ikan (TPI), dan tempat kegiatan sehari-hari seperti memancing dan irigasi, yang dapat mencemari kawasan Perairan Pekalongan (Andriantama *et al.*, 2021).

Daerah tersebut juga merupakan tempat perlintasan kapal-kapal nelayan di sekitar sebuah kolam pelabuhan yang padat aktivitasnya, menghasilkan limbah mikroplastik yang sangat berbahaya bagi biota laut (Bramastya *et al.*, 2021; Aulia *et al.*, 2023). Mikroplastik, dengan ukuran kurang dari 5 mm, rentan dimakan oleh makhluk hidup dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan, menyebabkan kerusakan morfologi dan efek kimia dari partikel plastik yang menyerap polutan organik dari air (Bagaskara *et al.*, 2020). Meskipun penelitian mengenai jenis, bentuk, dan kelimpahan mikroplastik telah dilakukan di lokasi seperti Sungai Sei Sikambang Medan (Harpah *et al.*, 2020), perlu dilakukan penelitian serupa di Sungai Bedahan untuk memahami dampak mikroplastik terhadap biota perairan yang berpotensi dikonsumsi oleh manusia. Karena mikroplastik memiliki dampak serius bagi ekosistem, penelitian lanjutan tentang masalah ini tetap relevan dan mendesak dilakukan.

MATERI DAN METODE

Penentuan lokasi (stasiun) penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Sampling dilakukan pada tanggal 25 Juni 2023 saat musim timur di Muara Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan. Penelitian dilakukan ketika musim timur pada keadaan surut menuju pasang dengan pengambilan data lapangan berupa sampel mikroplastik pada 8 titik. Sampel sedimen diambil di 3 titik sampling (Gambar 1). Sampling dilakukan pada saat kondisi surut menuju pasang pukul 07.00 – 13.00 WIB. Pengolahan sampel mikroplastik dilakukan di Laboratorium Kimia, Biologi, dan Geologi Laut Universitas Diponegoro

Metode pengambilan sampel mikroplastik yang dilakukan dimodifikasi dari protokol sampling yang dilakukan oleh Viršek *et al.* (2016). Sampel diambil sebanyak 1 liter menggunakan *plankton net* berukuran 108 μm dan sampel sedimen diambil sebanyak 400 gram menggunakan *van veen grab sampler*. Metode pengolahan data menggunakan metode kuantitatif dan analisisnya menggunakan kajian pustaka. Penelitian kajian pustaka dilakukan dengan menelaah dan mengkaji beberapa teori terkait mengenai suatu pokok atau topik. Selain itu, penelitian ini juga bersifat deskriptif (Priadana & Sunarsi, 2021), dalam penelitian ini akan digambarkan bagaimana dan sebaran mikroplastik di muara Sungai Bedahan yang terletak di Kabupaten Pekalongan.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Pengolahan Data

Analisis Sampel Mikroplastik

Metode identifikasi jenis mikroplastik mengacu pada manual *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* (2015) yang telah dimodifikasi. Identifikasi meliputi penyaringan basah, pengeringan sampel, *Wet Peroxide Oxidation (WPO)* menggunakan larutan Fe(II) dan H₂O₂, pemisahan desnsitas menggunakan *density* separator dan NaCl. Serta pada sampel sedimen dilakukan pemisahan densitas mikroplastik dalam sedimen menggunakan larutan ZnCl₂.

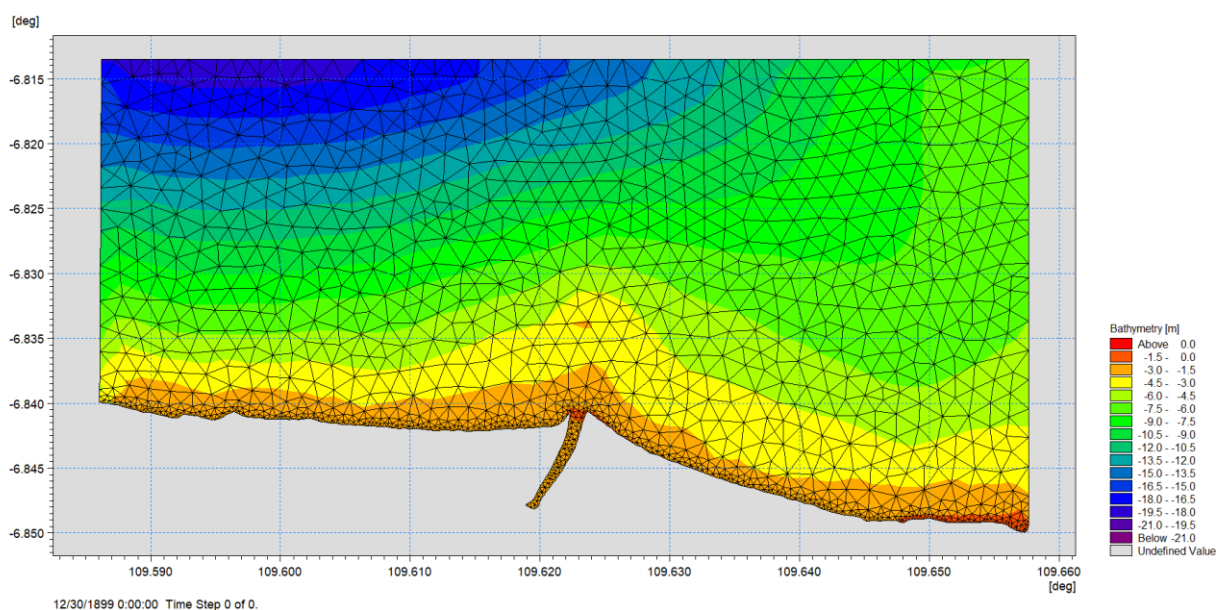
Analisis data deskriptif dilakukan terhadap jenis, bentuk, warna, ukuran, jumlah, dan kelimpahan mikroplastik. Hasil analisis data akan ditampilkan dalam bentuk grafik menggunakan Microsoft Excel pada masing-masing lokasi pengambilan sampel. Distribusi dan sebaran mikroplastik dilihat berdasarkan pola arus dan kelimpahan mikroplastik pada setiap stasiun penelitian.

Analisis Mikroskop

Analisis sampel mikroplastik dilakukan menggunakan mikroskop stereo Motic SMZ-161 dengan tambahan kamera Moticam A5. Sampel diamati berdasarkan ukuran, warna, bentuk, dan jumlah pada tiap sampel yang ada dan kemudian di analisis. Idealnya pengujian sampel dengan menggunakan mikroskop dilakukan dengan lensa perbesaran 40x, hal ini berguna untuk mempermudah dalam melihat dan mencari mikroplastik yang ada pada sampel. Mikroplastik memiliki berbagai macam jenis seperti foam, pellet, fragment, fiber, film, dan filamen. Selain itu mikroplastik juga memiliki berbagai warna seperti merah, coklat, hijau, biru, hitam, putih, transparan dan lain sebagainya.

Pemodelan Arus Laut

Pemodelan arus dilakukan untuk menggambarkan pola arus yang terjadi di Sungai Bedahan, Pekalongan. Model arus pasang surut diperoleh menggunakan pengolahan data sekunder yang meliputi data angin, pasang surut, garis pantai, dan batimetri. Pemodelan 2D untuk aliran permukaan dilakukan dengan menggunakan MIKE 21 Flow Model menggunakan pendekatan jaring fleksibel (flexible mesh). Modul hidrodinamika dapat membuat simulasi variasi ketinggian air dan aliran di muara dan daerah pesisir (Hapsari *et al.*, 2022). Simulasi model yang digunakan adalah model hidrodinamika arus, output dari simulasi ini adalah gambaran terhadap pola pergerakan arus dan kecepatan dalam suatu area dua dimensi atau tiga dimensi (volume). Berdasarkan Ridarto *et al.*, (2023), pengolahan numerik dapat dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu : Pre-processing model, persiapan data batimetri, garis pantai dari input data ArcMap 10.8; Processing model yaitu setting parameter pada modul flow model FM; Post-processing model yaitu ekstrak data hasil simulasi numerik model, dan verifikasi data arus.



Gambar 2. Batimetri Sungai Bedahan

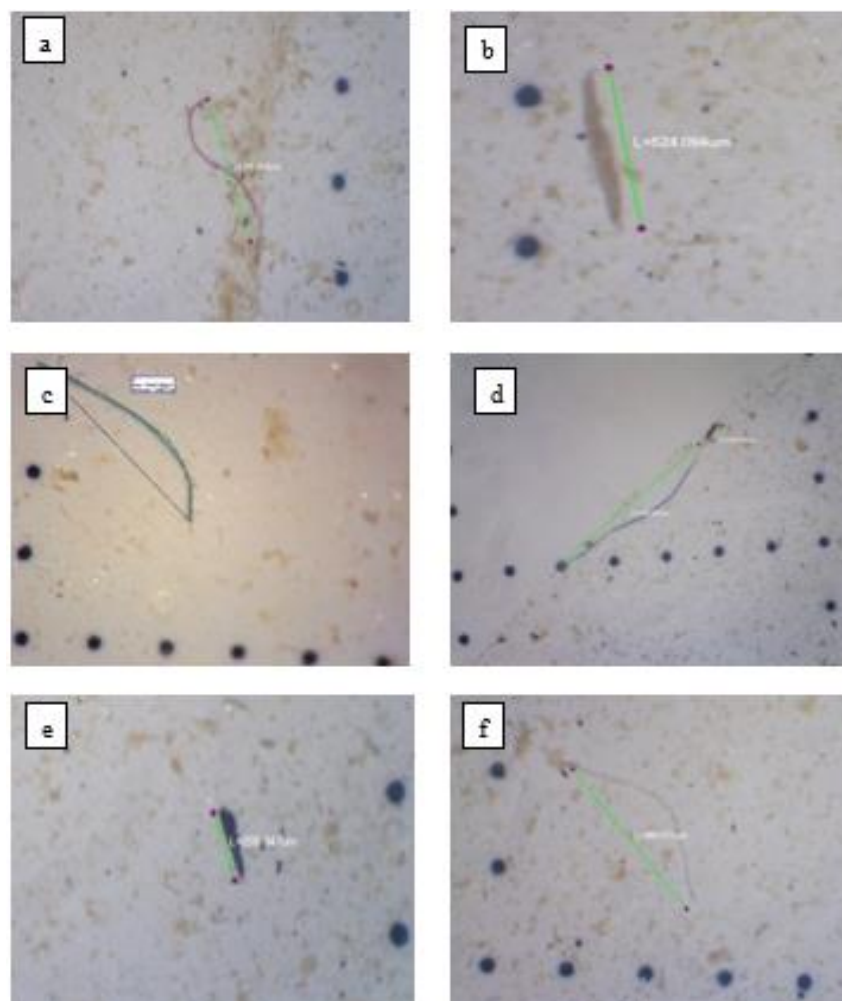
HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Mikroplastik

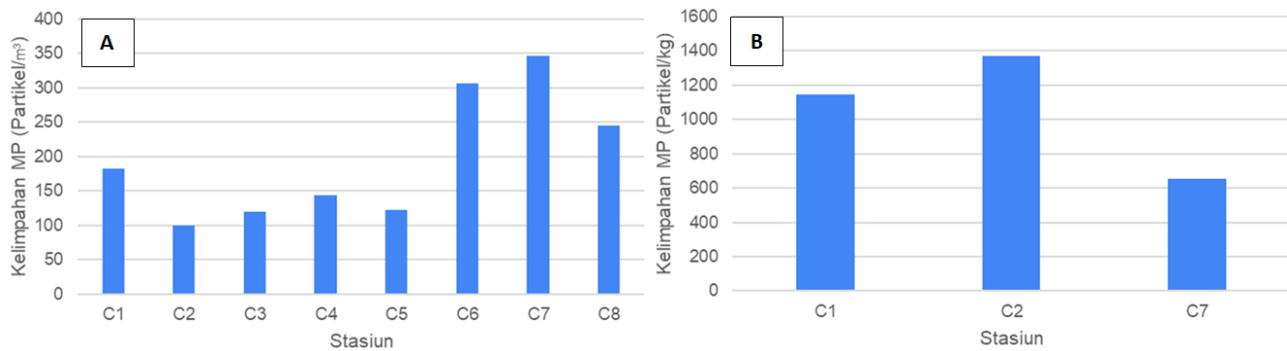
Penelitian dilakukan di Muara Sungai Bedahan, Pekalongan, dimana dari hasil penelitian menunjukkan adanya kontaminasi mikroplastik pada sampel air yang berjumlah delapan titik pengambilan sampel dan sampel sedimen yang berjumlah 3 titik pengambilan sampel. Terdapat beberapa jenis mikroplastik pada sampel, yaitu fragment, film, pellet, film, busa, dan serat.

Pengamatan visual mikroskop memperoleh hasil beberapa warna pada titik lokasi pengambilan. Warna yang didapat dari identifikasi, yaitu merah, coklat, hijau, biru, hitam dan putih/bening. Dalam satu titik lokasi belum tentu terdapat semua warna mikroplastik namun ada beberapa titik lokasi yang memiliki semua warna mikroplastik tersebut. Warna yang beraneka ragam tersebut dipengaruhi karena mikroplastik terpapar oleh sinar UV dalam waktu yang cukup lama, hal ini dapat mengakibatkan perubahan warna asli pada mikroplastik menjadi warna yang lain (Gambar 3).

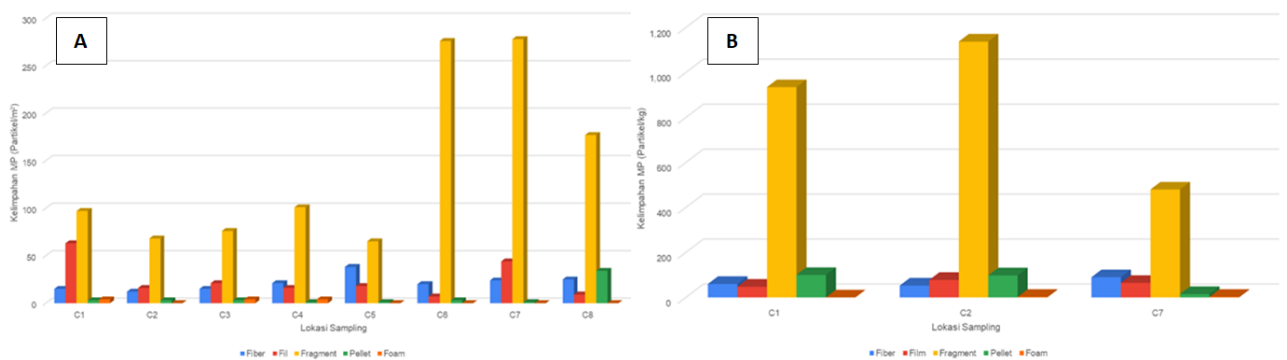
Pada sampel air, terdapat kelimpahan total mikroplastik yang beraneka ragam di beberapa stasiun, kelimpahan mikroplastik terbanyak di sampel air terdapat di stasiun 7 dengan total kelimpahan 347 partikel/m³. Sedangkan pada sampel sedimen, kelimpahan mikroplastik terbanyak (partikel/kg) terdapat di stasiun 2 dengan total kelimpahan 219 partikel/kg. Terdapat juga kelimpahan total yang paling sedikit pada sampel air, yaitu pada stasiun 2 dengan kelimpahan 99 partikel/m³ (Gambar 4). Sedangkan pada sampel sedimen, kelimpahan total yang paling sedikit terdapat pada stasiun 3 dengan kelimpahan 104 partikel/kg. Hasil kelimpahan total mikroplastik pada sampel air dan sedimen per stasiun di Sungai Bedahan Kabupaten Pekalongan dapat dilihat pada gambar Gambar 4.



Gambar 3. Mikroplastik di Muara Sungai Bedahan (a) Merah, (b) Coklat, (c) Hijau, (d) Biru, (e) Hitam, dan (f) Putih/Bening



Gambar 4. Kelimpahan Total Mikroplastik pada Sampel Air (A) dan Sedimen (B) per stasiun di Sungai Bedahan Kabupaten Pekalongan



Gambar 5. Kelimpahan Mikroplastik Sesuai Jenis Mikroplastik pada Sampel Air (A) dan Sedimen (B) di Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan

Pada sampel air dan sedimen terdapat kelimpahan mikroplastik sesuai bentuk dengan jumlah yang berbeda-beda. Pada sampel air kelimpahan mikroplastik sesuai bentuk per stasiun di Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan, didapatkan bentuk fiber terbanyak ada pada stasiun 5 dengan kelimpahan 38 partikel/m³. Bentuk film terbanyak ditemukan pada stasiun 1 dengan kelimpahan 63 partikel/m³. Bentuk fragment terbanyak ditemukan pada stasiun 7 dengan kelimpahan 278 partikel/m³. Sedangkan untuk bentuk pellet terbanyak, ditemukan pada stasiun 8 dengan kelimpahan 34 partikel/m³. Dan yang terakhir yaitu bentuk foam terbanyak terdapat pada stasiun 1,3, dan 4 dengan kelimpahan 4 partikel/m³ (Gambar 5).

Sedangkan pada sampel sedimen sesuai bentuk per stasiun pada Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan, didapatkan hasil bentuk fiber terbanyak pada stasiun 7 dengan kelimpahan 90 partikel/kg. Bentuk film terbanyak ditemukan pada stasiun 2 dengan kelimpahan 78 partikel/kg. Bentuk fragment terbanyak ditemukan pada stasiun 2 dengan kelimpahan 1138 partikel/kg. Bentuk pellet terbanyak ditemukan pada stasiun 1 dengan kelimpahan 100 partikel/kg. Dan untuk bentuk foam terbanyak ditemukan pada stasiun 2 dan 7 dengan kelimpahan 2,5 partikel/kg (Gambar 5).

Selain itu pada sampel air terdapat kelimpahan warna mikroplastik per stasiun di Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan, dimana hasil warna merah terbanyak ditemukan pada stasiun 7 dengan kelimpahan 8 partikel/m³. Warna coklat terbanyak ditemukan pada stasiun 6 dengan kelimpahan 28 partikel/m³. Kemudian warna hijau terbanyak ditemukan pada stasiun 7 dengan kelimpahan 0,6 partikel/m³. Selanjutnya warna biru terbanyak ditemukan pada stasiun 5 dengan kelimpahan 1,3 partikel/m³. Kemudian warna hitam terbanyak ditemukan pada stasiun 7 dengan kelimpahan 26 partikel/m³. Dan terakhir warna putih/bening terbanyak ditemukan pada stasiun 6 dengan kelimpahan 7 partikel/m³ (Gambar 6).

Sedangkan pada sampel sedimen terdapat kelimpahan warna mikroplastik per stasiun di Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan, dimana hasil warna merah terbanyak ditemukan pada stasiun 2 dengan kelimpahan 7,0 partikel/kg. Warna coklat terbanyak ditemukan pada stasiun 2 dengan kelimpahan 26 partikel/kg. Kemudian tidak terdapat warna hijau pada sampel sedimen. Selanjutnya warna biru terbanyak ditemukan pada stasiun 2 dengan kelimpahan 7,7 partikel/kg. Kemudian warna hitam terbanyak ditemukan

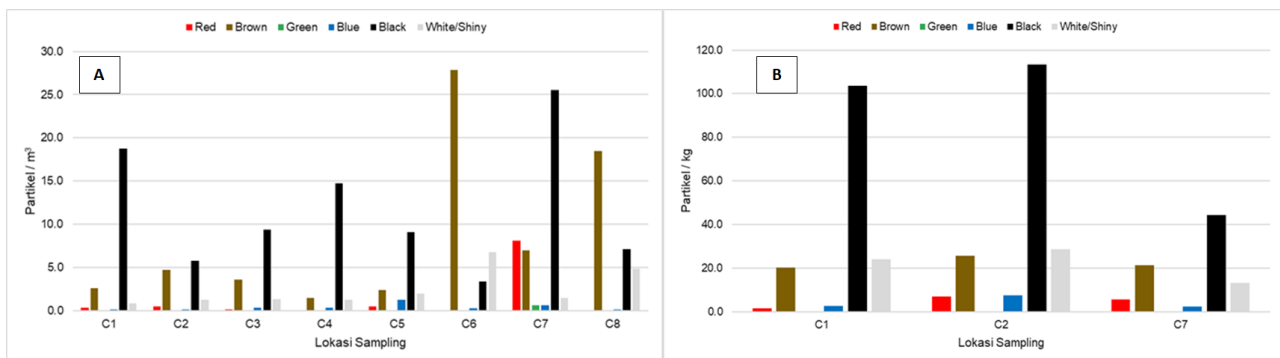
pada stasiun 2 dengan kelimpahan 113 partikel/kg. Dan terakhir warna putih/bening terbanyak ditemukan pada stasiun 2 dengan kelimpahan 28,7 partikel/kg (Gambar 6).

Selanjutnya pada sampel air terdapat kelimpahan ukuran mikroplastik per stasiun di Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan, dimana hasil dengan ukuran 1-50 µm terbanyak ditemukan pada stasiun 7 dengan kelimpahan 32,75 partikel/m³. Ukuran 50-250 µm terbanyak ditemukan pada stasiun 1 dengan kelimpahan 17,25 partikel/m³. Kemudian ukuran 250-1000 µm terbanyak ditemukan pada stasiun 6 dengan kelimpahan 19,63 partikel/m³. Selanjutnya ukuran 1-10 mm terbanyak ditemukan pada stasiun 7 dengan kelimpahan 1,63 partikel/m³ (Gambar 7).

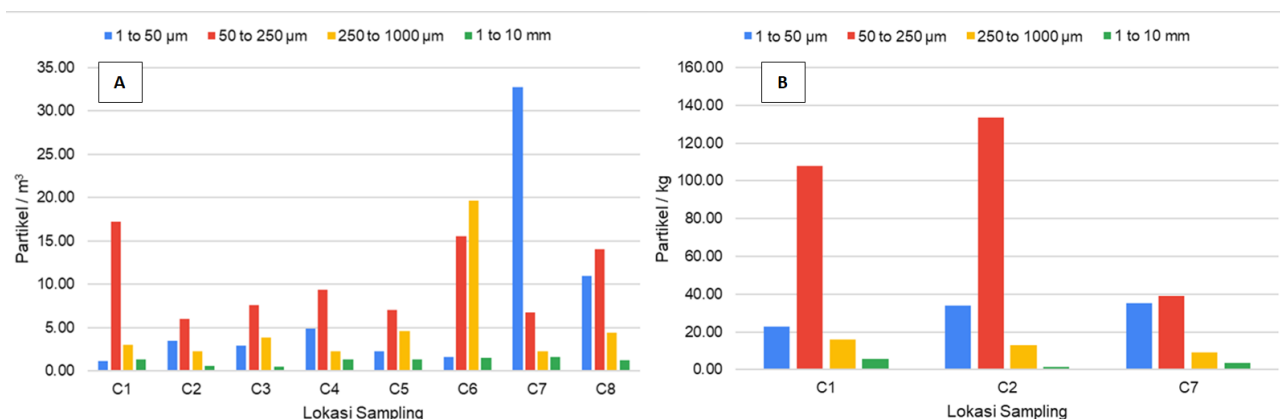
Sedangkan pada sampel sedimen terdapat kelimpahan ukuran mikroplastik per stasiun di Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan, dimana hasil dengan ukuran 1-50 µm terbanyak ditemukan pada stasiun 7 dengan kelimpahan 35,33 partikel/kg. Ukuran 50-250 µm terbanyak ditemukan pada stasiun 2 dengan kelimpahan 133,67 partikel/kg. Kemudian ukuran 250-1000 µm terbanyak ditemukan pada stasiun 1 dengan kelimpahan 16,00 partikel/kg. Selanjutnya ukuran 1-10 mm terbanyak ditemukan pada stasiun 1 dengan kelimpahan 5,67 partikel/kg (Gambar 7).

Kelimpahan Total Mikroplastik Pada Sampel Air dan Sedimen

Pada sampel air diperoleh kelimpahan mikroplastik yang bervariasi. Hasil tersebut diperoleh dari pengamatan dan perhitungan mikroplastik pada 8 stasiun penelitian. Dari pengamatan dan perhitungan diperoleh bahwa bentuk fragment memiliki kelimpahan terbesar dengan jumlah 1.138 partikel/m³ (73%). Kemudian terdapat bentuk film dengan jumlah 194 partikel/m³ (12%). Selanjutnya terdapat bentuk fiber dengan jumlah 170 partikel/m³ (11%). Kemudian bentuk pellet dengan jumlah 49 partikel/m³ (3%). Dan terakhir bentuk dengan kelimpahan terkecil yaitu foam dengan jumlah 12 partikel/m³ (1%) (Gambar 8).



Gambar 6. Kelimpahan Mikroplastik Sesuai Warna Pada Sampel Air (A) dan Sediment (B) di Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan

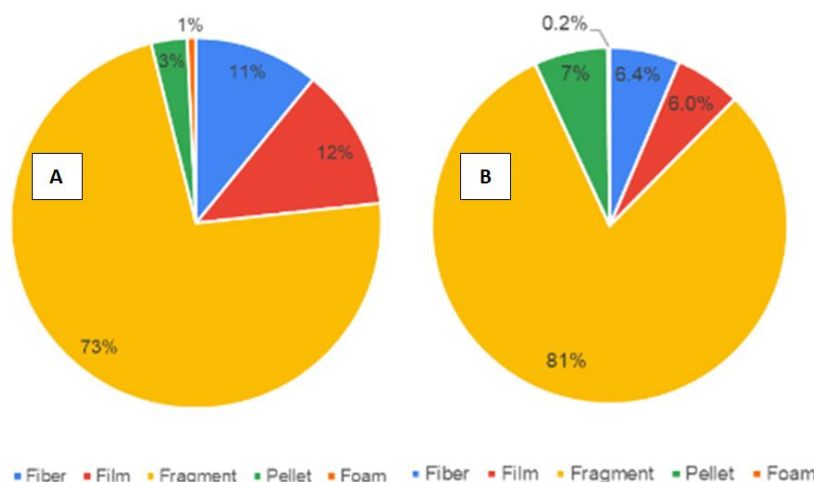


Gambar 7. Kelimpahan Mikroplastik Sesuai Ukuran Pada Sampel Air (A) dan Sedimen (B) di Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan

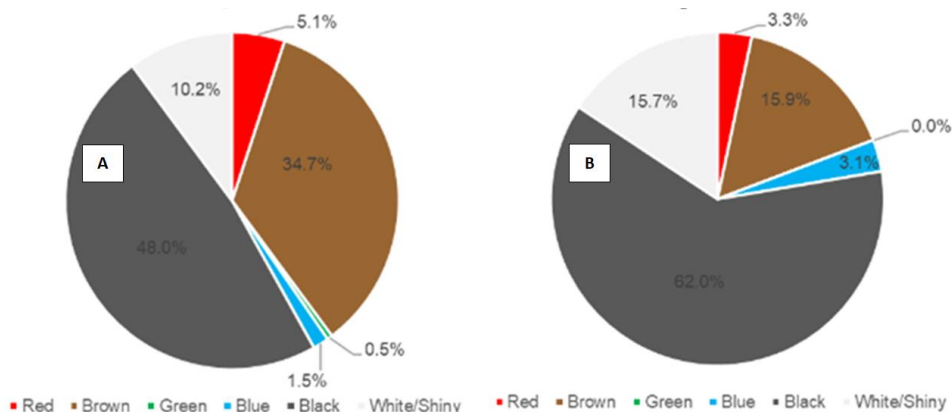
Pada sampel sedimen diperoleh hasil dari pengamatan dan perhitungan mikroplastik pada 3 stasiun. Dari pengamatan dan perhitungan diperoleh bahwa bentuk fragment memiliki kelimpahan terbesar dengan jumlah 2553 partikel/kg (81%). Kemudian bentuk pellet dengan jumlah 213 partikel/kg (7%). Selanjutnya terdapat bentuk fiber dengan jumlah 203 partikel/kg (6,4%). Selanjutnya terdapat bentuk film dengan jumlah 190 partikel/kg (6%). Dan terakhir bentuk dengan kelimpahan terkecil yaitu foam dengan jumlah 5 partikel/kg (0,2%) (Gambar 8).

Selanjutnya pada sampel air diperoleh warna yang bervariasi dari 8 stasiun pengamatan. Berdasarkan pengamatan dan perhitungan, diperoleh warna yang mendominasi pada sampel air yaitu warna hitam 48% dengan total kelimpahan 94 partikel/m³. Selanjutnya disusul oleh warna coklat 34,7% dengan total kelimpahan 68 partikel/m³. Kemudian warna selanjutnya yaitu putih/bening 10,2% dengan total kelimpahan 20 partikel/m³. Kemudian terdapat warna merah 5,1% dengan total kelimpahan 10 partikel/m³. Terdapat juga warna biru 1,5% dengan total kelimpahan 3 partikel/m³. Dan yang paling sedikit adalah warna hijau 0,5% dengan total kelimpahan 1 partikel/m³ (Gambar 9)

Untuk sampel sedimen diperoleh warna yang bervariasi dari 3 stasiun pengamatan. Berdasarkan pengamatan dan perhitungan, diperoleh warna yang mendominasi pada sampel air yaitu warna hitam 62% dengan total kelimpahan 261 partikel/kg. Selanjutnya disusul oleh warna coklat 15,9% dengan total kelimpahan 67 partikel/ kg. Kemudian warna selanjutnya yaitu putih/bening 15,7% dengan total kelimpahan 66 partikel/kg. Kemudian terdapat warna merah 3,3% dengan total kelimpahan 14 partikel/ kg. Terdapat juga warna biru 3,1% dengan total kelimpahan 13 partikel/ kg. Namun untuk sampel sedimen tidak terdapat warna hijau (Gambar 9).



Gambar 8. Grafik Persentase Kelimpahan Total Mikroplastik Sesuai Bentuk Pada Sampel Air (A) dan Sedimen (B) di Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan



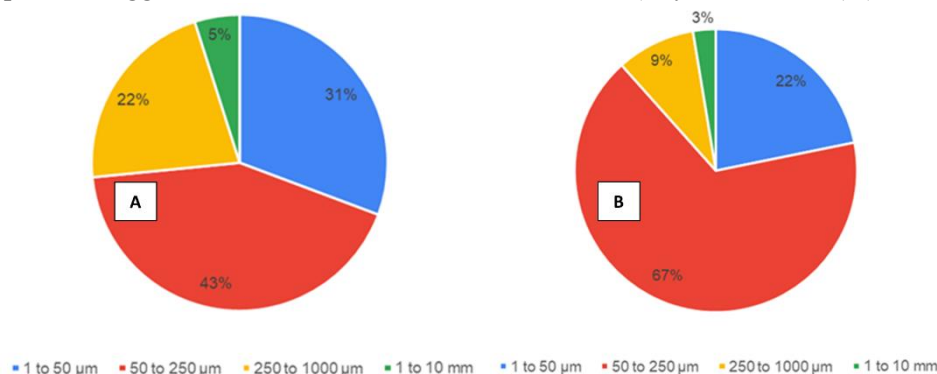
Gambar 9. Kelimpahan Total Mikroplastik Sesuai Warna Pada Sampel Air (A) dan Sedimen (B) di Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan

Mikroplastik memiliki beberapa ukuran, yaitu diantara 1 µm–10 mm. Ukuran dibagi menjadi 1–50 µm, 50–250 µm, 250–1000 µm, dan 1–10 mm. Pada sampel air ukuran yang paling banyak di setiap titik stasiun adalah 50–250 µm sebesar 43% dengan kelimpahan 83.5 partikel/m³. Selanjutnya ukuran 1–50 µm sebesar 31% dengan kelimpahan 60 partikel/m³. Ukuran 250–1000 µm dengan kelimpahan 42.3 partikel/m³. Ukuran yang paling sedikit adalah ukuran 1–10 mm sebesar 5% dengan kelimpahan 9.6 partikel/m³ (Gambar 10).

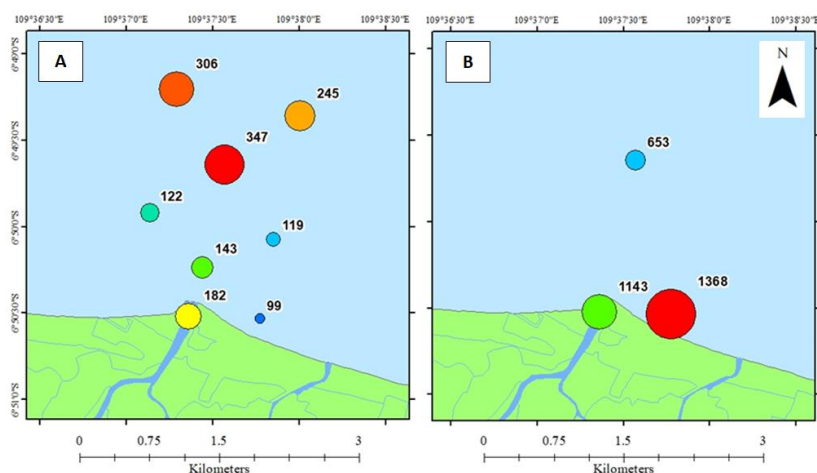
Untuk sampel sedimen, ukuran yang paling banyak partikelnya terdapat pada 50–250 µm sebesar 67% dengan kelimpahan 280.7 partikel/kg. Disusul dengan ukuran 1–50 µm sebesar 22% dengan kelimpahan 92 partikel/kg. Selanjutnya ukuran 250–1000 µm sebesar 9% dengan kelimpahan 38 partikel/kg. Ukuran yang paling sedikit yaitu 1–10 mm sebesar 3% dengan kelimpahan 11 partikel/kg (Gambar 10).

Sebaran Mikroplastik

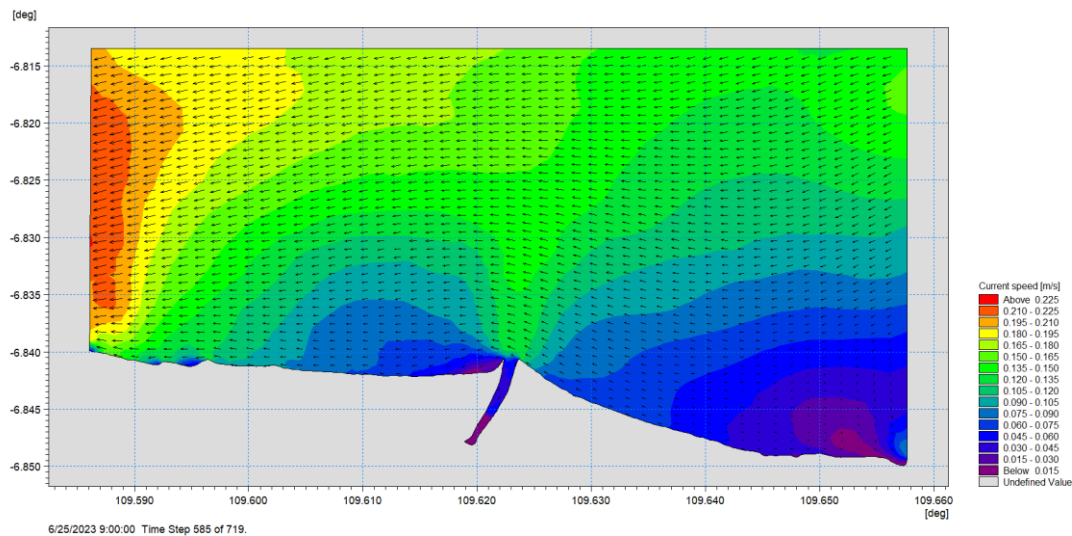
Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi sebaran mikroplastik di sungai Bedahan, Pekalongan, yaitu faktor angin, arus laut atau buangan langsung. Mikroplastik memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga dapat tersebar di lautan oleh arus laut dan angin serta dapat mengapung di permukaan air. Sedimen adalah tempat utama mikroplastik tenggelam di lingkungan laut, hal ini merupakan bagian dari proses sedimentasi, dimana zat-zat yang masuk ke laut akan berakhir pada sedimen (Hafitri *et al.*, 2022). Pada sampel air dan sedimen terdapat perbedaan dalam sebaran mikroplastik. Pada sampel air mikroplastik yang terdapat di permukaan air memiliki kelimpahan sedikit dan akan semakin bertambah menuju ke arah laut lepas. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh dari angin musim timur. Sampel sedimen, kelimpahan mikroplastik terbanyak berada di daerah pesisir yang dekat dengan wilayah daratan dan akan semakin berkurang menuju laut lepas. Kelimpahan mikroplastik pada sedimen lebih tinggi dibandingkan kelimpahan mikroplastik pada permukaan air. Hal ini dapat terjadi karena gaya gravitasi dan besaran densitas plastik yang lebih besar dari densitas air menyebabkan plastik tenggelam dan terakumulasi di dasar sedimen (Layn *et al.*, 2020) (Gambar 11).



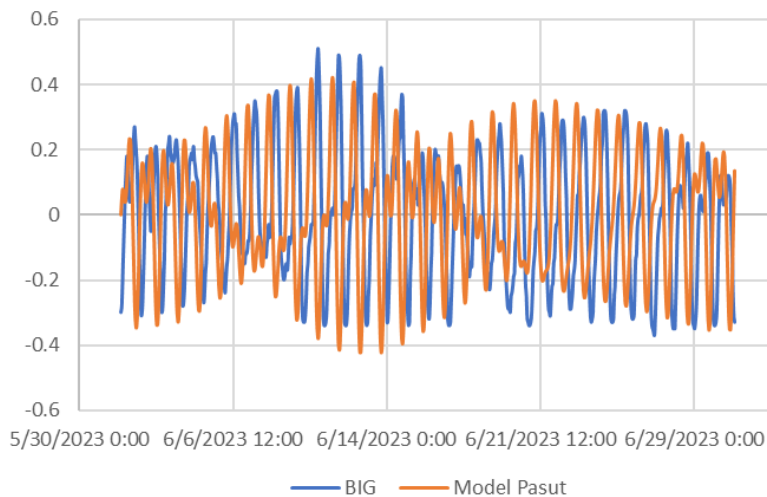
Gambar 10. Grafik Persentase Kelimpahan Total Mikroplastik Sesuai Ukuran Pada Sampel Air dan Sedimen di Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan



Gambar 11. Peta Sebaran Mikroplastik dari Sampel Air (A) dan Sedimen (B)



Gambar 12. Model Arus 25 Juni 2023 pukul 09.00 WIB



Gambar 13. Hasil validasi pasang surut

Berdasarkan hasil yang diolah, arus bergerak dari arah timur menuju ke barat. Dari hasil model arus didapat kecepatan tertinggi sebesar 0.225 m/s (Gambar 12). Model arus diverifikasi menggunakan data BIG, dengan nilai (RMSE 0,32), hal ini menunjukkan bahwa verifikasi sesuai dikarenakan nilai RMSE yang tergolong rendah (Gambar 13). Selain itu, arus bergerak sejalan dengan angin, yang bergerak dari timur laut menuju barat daya. Kecepatan angin, yang dirata-ratakan dari bulan juni 2019-2023, menunjukkan bahwa angin bergerak dari timur laut menuju ke barat daya. Selain faktor arus dan angin, sebaran mikroplastik pada permukaan air dipengaruhi oleh debit air sungai yang membawa mikroplastik menuju ke daerah lautan.

Pembahasan

Pada lokasi penelitian sampel di Muara Sungai Bedahan, Pekalongan terdapat endapan mikroplastik pada sampel air dan sedimen. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu faktor aktivitas antropogenik dan faktor lingkungan, seperti pasang surut, arah angin, hidrodinamika sungai, dan arus sebagai faktor lingkungan (Hamid *et al.*, 2018). Selain itu padatnya penduduk dan industri yang menghasilkan limbah juga merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam kelimpahan mikroplastik yang terdapat di Muara Sungai Bedahan, Pekalongan. Mikroplastik yang ditemukan pada sampel air di lokasi berkisar 99-347 partikel/m³ dan mikroplastik yang ditemukan pada sampel sedimen di lokasi berkisar 653-1368 partikel/kg. Pada sampel air, kelimpahan mikroplastik tertinggi terdapat di titik C7 (347 partikel/m³) dan pada sampel sedimen, kelimpahan mikroplastik tertinggi terdapat di titik C2 (1368 partikel/kg), dimana pada sampel air kelimpahan tertinggi berada di perairan tengah sedangkan sedimen berada di daerah pesisir. Pada sampel air, kelimpahan

mikroplastik terendah terdapat di titik C2 (99 partikel/m³) yang berada di daerah pesisir, sedangkan pada sampel sedimen mikroplastik terendah terdapat di titik C7 (653 partikel/kg) berada di daerah perairan tengah. Tingginya kelimpahan mikroplastik pada sedimen dapat terjadi karena gaya gravitasi dan besaran densitas plastik yang lebih besar dari densitas air menyebabkan plastik tenggelam dan terakumulasi di dasar sedimen (Layn *et al.*, 2020).

Terdapat beberapa jenis mikroplastik yang ditemukan pada sampel air dan sedimen. Yang paling banyak ditemukan adalah fragmen dan fiber. Menurut Browne *et al.* (2011), mikroplastik jenis fiber biasanya berasal dari cucian pakaian yang menyebabkan serat kain terurai akibat adanya gesekan antara kain. Serat kain yang terurai akan menjadi partikel kecil yang menjadi sumber mikroplastik. Oleh karena itu mikroplastik jenis fiber biasanya memiliki kelimpahan yang cukup tinggi di ekosistem laut, dikarenakan adanya aktivitas mencuci pakaian yang dilakukan setiap hari. Menurut Zhao *et al.* (2018), sumber mikroplastik jenis fiber biasanya berasal dari jaring dan tali pancing. Hal ini sesuai dengan lokasi penelitian, dimana terdapat aktivitas nelayan serta banyak orang yang memancing disekitar lokasi penelitian yang mengakibatkan tingginya kelimpahan mikroplastik jenis fiber. Hal ini diperkuat oleh penelitian (Nainggolan *et al.*, 2022), mikroplastik tipe fiber dapat bersumber dari aktivitas penangkapan ikan yang berada di sekitar perairan. Kemudian mikroplastik jenis fragment, biasanya berasal dari pembuangan sampah di laut (aktivitas antropogenik). Mikroplastik jenis fragment adalah plastik dengan polimer sintetik yang cukup keras seperti sampah toples, lapisan mika, botol, dan serpihan pipa paralon (Shim, *et al.*, 2018). Hal ini sesuai dengan lokasi penelitian, dimana banyak terdapat sampah botol plastik mengapung di lokasi penelitian. Selain itu, pengaruh pemukiman yang dekat dengan lokasi penelitian juga menjadi salah satu faktor penyebab tingginya kelimpahan mikroplastik fragment di lokasi. Fragment memiliki densitas yang besar sehingga banyak ditemukan pada sedimen (Nugroho *et al.*, 2018).

Indonesia merupakan negara penyumbang sampah plastik ke laut terbesar kedua di dunia (Hendar *et al.*, 2022). Oleh karena itu, rata-rata perairan Indonesia memiliki kelimpahan mikroplastik yang cukup tinggi. Pada penelitian ini, warna terbanyak pada mikroplastik adalah warna coklat. Hasil warna mikroplastik dapat berupa warna asli atau warna degradasi, dimana terjadi proses fotokimia atau proses lainnya yang menyebabkan perubahan warna dari warna asli menjadi warna lainnya. Menurut Shafani *et al.* (2022), partikel mikroplastik berwarna coklat telah lama terpapar sinar ultraviolet dan kemungkinan memiliki kandungan polutan PCB dan PAH. Kemudian warna terbanyak kedua yaitu warna hitam. Sebagian besar, warna hitam menunjukkan bahwa mikroplastik masih murni dan belum berubah warna. Menurut Ibrahim *et al.* (2023), dominan plastik berwarna hitam karena sebagian besar plastik adalah hasil daur ulang dan telah terkontaminasi dengan bahan kimia berbahaya. Selanjutnya terdapat warna putih, dimana warna putih cukup banyak pada lokasi penelitian. Menurut Hiwari *et al.*, (2019), warna bening atau putih pada mikroplastik menunjukkan jangka waktu partikel tersebut mengalami fotodegradasi oleh sinar UV. Warna lain yang ditemukan dari pengamatan antara lain merah, hijau, putih, dan biru. Warna cerah mikroplastik seperti merah, putih, biru, dan hijau umumnya berasal dari aktivitas industri rumah tangga atau antropogenik. Mikroplastik warna cerah memiliki konsentrasi senyawa polutan PAH yang lebih rendah dibandingkan mikroplastik berwarna gelap. Selain itu, hasil menunjukkan bahwa mikroplastik yang masuk ke lingkungan sungai dari berbagai sumber biasanya berukuran relatif kecil, dengan ukuran 1-50 μm 50-250 μm . Semakin kecil ukuran partikel, maka kelimpahan mikroplastik akan semakin meningkat. Kondisi kecepatan angin, hidrodinamika, dan adanya biofoulin memengaruhi distribusi ukuran mikroplastik ini (Afdal *et al.*, 2016). Menurut penelitian Covernton (2019), mikroplastik memiliki kapasitas yang signifikan untuk mengadsorpsi dan mendesorpsi polutan lain di lingkungan perairan, dan partikelnya yang lebih kecil memiliki kecenderungan untuk menghasilkan energi adsorpsi yang lebih besar. Akibatnya, pencemaran senyawa mikroplastik menjadi lebih serius.

Daerah yang ideal untuk degradasi makroplastik menjadi mikroplastik biasanya adalah daerah muara dan pesisir. Karena menyediakan kondisi yang ideal (sinar matahari, angin berlimpah, suhu tinggi, dan gelombang) (Jamika, 2023). Akumulasi polutan di muara sungai disebabkan oleh perbedaan densitas, dimana densitas air tawar lebih rendah dibandingkan densitas air laut dan kemudian keduanya berinteraksi sehingga menyebabkan sirkulasi. Menurut Chatterjee & Sharma, (2019), mikroplastik dapat berada di sedimen, perairan, permukaan air, atau dapat masuk ke dalam tubuh biota yang hidup di wilayah perairan terpapar plastik. Berdasarkan hasil dari peta, sebaran mikroplastik di permukaan air Sungai Bedahan pada daerah pesisir memiliki nilai (182 partikel/m³). Kelimpahan mikroplastik di daerah pesisir dapat terjadi karena aktivitas manusia disekitar sungai atau di daerah pesisir. Aliran sungai merupakan jalur masuk utama mikroplastik

menuju ke lingkungan perairan. Plastik yang dibuang ke lautan biasanya tetap di dekat garis pantai dalam jangka waktu yang cukup lama (Meiwinda *et al.*, 2023). Selanjutnya kelimpahan mikroplastik di permukaan air Sungai Bedahan memiliki nilai besar di daerah perairan tengah (347 partikel/m³). Hal ini dapat terjadi karena area difusi yang terbatas, dimana material yang terbawa oleh arus laut terperangkap oleh pengaruh hidrodinamika (ganti menjelaskan gosongan). Berdasarkan penelitian Febriani *et al.*, (2020), adanya faktor geografi menjadi faktor pembeda terhadap kelimpahan mikroplastik di perairan tertentu. Berdasarkan model sebaran mikroplastik di Sungai Bedahan, didapatkan persebaran mikroplastik bergerak menuju ke arah barat. Sebagian besar mikroplastik dibawa oleh arus dan sebagian kecil terakumulasi dan mengendap di permukaan laut. Menurut McPhaden & Hayes (1991), karakteristik massa air di laut dapat dipengaruhi oleh angin dan dapat mengakibatkan perubahan arah arus permukaan. Persebaran mikroplastik ini dipengaruhi oleh angin musim timur bulan agustus. Biasanya, mikroplastik akan mengapung apabila densitas nya lebih rendah dari air sungai, sedangkan mikroplastik dengan densitas tinggi akan cenderung mengendap di dasar. Pada sampel sedimen, mikroplastik tertinggi terletak pada daerah pesisir (1368 partikel/kg). Hal ini karena lokasi penelitian dekat dengan kawasan mangrove. Kawasan mangrove adalah daerah pemecah ombak yang menyebabkan arus bergerak menuju daratan secara perlahan, sehingga menyebabkan sampah terjebak di kawasan mangrove dan terjadi fragmentasi. Berdasarkan penelitian Andriantama *et al.*, (2021), pada bagian sisi kanan dan kiri Sungai Bedahan sampai menuju muara di TPI Wonokerto terdapat banyak tanaman mangrove dan tambak. Pengendapan mikroplastik pada sedimen dipengaruhi oleh tekstur sedimen. Jika tekstur sedimen semakin lembut di suatu sedimen, maka pengendapan sedimen akan lebih tinggi (Susanto *et al.*, 2022). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian, dimana kelimpahan sedimen yang berada di wilayah pesisir memiliki kelimpahan yang tinggi karena tekstur sedimen yang lembut sehingga mempercepat proses sedimentasi.

KESIMPULAN

Sebaran mikroplastik pada Sungai Bedahan, dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu angin, pengaruh arus, dan aktivitas antropogenik yang terjadi di darat. Kelimpahan mikroplastik pada sampel air lebih banyak di perairan tengah karena terdapat pengaruh geografis, sedangkan pada sampel sedimen, kelimpahan mikroplastik lebih banyak pada daerah pesisir karena dekat dengan kawasan mangrove yang memiliki tekstur lembut. Mikroplastik yang berasal dari aliran Sungai Bedahan memiliki kelimpahan sebesar 99-347 partikel/m³ pada sampel air dan 653-1368 partikel/kg pada sampel sedimen. Mikroplastik didominasi oleh jenis fragment, fiber, dan film, dan terdapat sedikit jenis pelet, foam. Ukuran yang paling banyak adalah 1-50 µm dan 50-250 µm. Kemungkinan besar mikroplastik jenis fragment bersumber dari aktivitas pemukiman yang dekat dengan lokasi penelitian dan mikroplastik jenis fiber bersumber dari cucian pakaian yang dihasilkan oleh industri tekstil serta aktivitas nelayan dan pemancingan sehingga fiber bersumber dari tali pancing.

DAFTAR PUSTAKA

- Afdal, M., Werorilangi, S., Faizal, A. & Tahir, A. 2019. Studies on Microplastics Morphology Characteristics in the Coastal Water of Makassar City, South Sulawesi, Indonesia. *International Journal of Environment and Biotechnology*, 4(4): 1028-1033. <https://dx.doi.org/10.22161/ijeab.4421>.
- Andriantama, B., Subardjo, P., Handoyo, G., Kunarso & Suryoputro, A. A. D. 2021. Analisis Sebaran Salinitas Pasca Pembangunan Tanggul Wonokerto Sungai Bedahan Kabupaten Pekalongan. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(1): 55-63. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v3i1.10072>.
- Aulia, A., Azizah, R., Sulistyorini, L. & Rizaldi, M. A. 2023. Literature Review: Dampak Mikroplastik Terhadap Lingkungan Pesisir, Biota Laut dan Potensi Risiko Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(3): 328—341. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.3.328-341>.
- Bagaskara, I. G. D., Suteja, Y. & Hendrawan, I. G. 2020. Pemodelan Pergerakan Mikroplastik di Selat Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences.*, 6(2):205-215. <https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i02.p7>.
- Bramastya, S. A., Marwoto, J., Purwanto, Atmodjo, W. & Indrayanti, E. 2021. Studi Elevasi Dasar Perairan untuk Penentuan Lantai Dermaga Pelabuhan di Pelabuhan TPI Wonokerto Kabupaten Pekalongan. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(4): 362-369. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v3i4.12142>.
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. & Thompson, R. 2011. Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science and Technology*, 45(21): 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>.
- Chatterjee, S. & Sharma, S. 2019. Microplastics in our oceans and marine health. *Field ACTions Science Reports*. 19.

- Covernton, G. A., Pearce, C. M., Gurney-Smith, H. J., Chastain, S. G., Ross, P. S., Dower, J. F. & Dudas, S. E. 2019. Size and Shape Matter: A Preliminary Analysis of Microplastic Sampling Technique in Seawater Studies with Implications for Ecological Risk Assessment. *Science of The Total Environment*, 667: 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.346>.
- Febriani, I. S., Amin, B. & Fauzi, M. 2020. Distribusi Mikroplastik di Perairan Pulau Bengkalis Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 9(3): 386-392. <https://doi.org/10.13170/depik.9.3.17387>.
- Hafitri, M., Permata, L., Kurnia, M. U. & Yuniarti, M. S. 2022. Analisis Jenis Mikroplastik pada Sedimen Dasar Perairan Pulau Untung Jawa, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 3(3): 443-454. <https://doi.org/10.59141/jiss.v3i03.551>.
- Hamid, S. F., Bhatti, M. S., Anuar, N., Anuar, N., Mohan, P. & Periathamby, A. 2018. Worldwide distribution and abundance of microplastic: How dire is the situation?. *Waste Management and Research*, 36(10): 873-897. <https://doi.org/10.1177/0734242x18785730>.
- Hapsari, L. P., Djari, A. A. & Al Ghifara, T. 2022. Pemodelan Hidrodinamika Pola Arus Dan Pasang Surut Di Perairan Pulau Tidung. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 14(2): 79-89. <https://doi.org/10.56064/maspari.v14i2.19583>.
- Harpah, N., Suryati, I., Leonardo, R., Risky, A., Ageng, P. & Addauwiyah, R. 2020. Analisa Jenis, Bentuk Dan Kelimpahan Mikroplastik Di Sungai Sei Sikambang Medan. *Jurnal Sains dan Teknologi Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, 20(2): 108-115. <http://dx.doi.org/10.36275/stsp.v20i2.270>.
- Hendar, Rezasyah, T. & Sari, D. S. 2022. Diplomasi Lingkungan Indonesia melalui ASEAN dalam Menanggulangi Marine Plastic Debris. *Padjadjaran Journal of International Relations*, 4(2): 201-214. <http://dx.doi.org/10.24198/padjir.v4i2.40721>.
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S. & Mulyani, P. G. 2019. Condition of Microplastic Garbage in Sea Surface Water at Around Kupang and Rote, East Nusa Tenggara Province. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(2): 165-171. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050204>.
- Ibrahim, F. T., Suprijanto, J. & Haryanti, D. 2023. Analisis Kandungan Mikroplastik pada Sedimen di Perairan Semarang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 12(1): 144-150. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i1.36506>.
- Jamika, F. I. 2023. Dampak Pencemaran Mikroplastik di wilayah Pesisir dan Kelautan. *Jurnal Pasir Laut.*, 7(1): 1-5. <https://doi.org/10.14710/jpl.2023.51132>.
- Layn, A. A., Emiyarti & Ira. 2020. Distribusi Mikroplastik Pada Sedimen Di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Sapa Laut*, 5(2): 115-122. <https://dx.doi.org/10.33772/jsl.v5i2.12165>.
- McPhaden, M. J. & Hayes, S. P. 1991. On the Variability of Winds, Sea Surface Temperature, and Surface Layer Heat Content in The Western Equatorial Pacific. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 96(S01): 3331-3342. <https://doi.org/10.1029/90JC01726>.
- Meiwinda, E. R., Lucyana & Destiarini. 2023. Distribusi dan Sebaran Mikroplastik di Sedimen Perairan Sungai Ogan Kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(2): 387-292.
- Nainggolan, D. H., Indarjo, A. & Suryono, C. A. 2022. Mikroplastik yang Ditemukan di Perairan Karangjahe, Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 11(3): 374-382. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i3.35021>.
- Nugroho, D. H., Restu, I. W. & Ernawati, N. M. 2018. Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Teluk Benoa Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1): 80-88.
- Priadana, S. & Sunarsi, D. 2021. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Pascal Books. Tangerang Selatan.
- Ridarto, A. K. Y., Zainuri, M., Helmi, M., Kunarso, Rochaddi, B., Maslukah, L., Endrawati, H., Handoyo, G., & Koch, M. 2023. Assessment of Total Suspended Solid Concentration Dynamics Based on Geospatial Models as an Impact of Anthropogenic in Pekalongan Waters, Indonesia. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1): 142-152. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.51454>.
- Shafani, R. H., Nuraini, R. A. T. & Endrawati, H. 2022. Identifikasi Dan Kepadatan Mikroplastik Di Sekitar Muara Sungai Banjir Kanal Barat Dan Banjir Kanal Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research.*, 11(2): 245-254. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.31885>.
- Shim, W. J., Hong, S. H. & Eo, S. 2018. Chapter 1- Marine Microplastics: Abundance, Distribution, and Composition In: Microplastic Contamination in Aquatic Environments. *Microplastic Contamination in Aquatic Environments*, 1-26. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813747-5.00001-1>.

- Susanto, C. A. Z., Fitria, S. N., Purwaningrum, D., Fadila, M. D., Triajie, H. & Chandra, A. B. 2022. Kajian Kelimpahan Mikroplastik Pada Berbagai Tekstur Sedimen Di Kawasan Pantai Wisata Mangrove Desa Labuhan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 3(4), 143-150.
- Viršek, M. K., Palatinus, A., Koren, Š., Peterlin, M., Horvat, P. & Kržan, A. 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *Journal of Visualized Experiment*, 118: 55161. <https://doi.org/10.3791/55161>.
- Zhao, J., Ran, W., Teng, J., Liu, Y., Liu, H., Yin, X., Cao R., & Wang, Q. 2018. Microplastic Pollution in Sediments from The Bohai Sea and The Yellow Sea, China. *Science of The Total Environment*. 640-641: 637-645. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.346>.