

5. PEMBAHASAN

5.1. Metode Isolasi Mikroplastik

Prinsip pemisahan mikroplastik dari suatu organisme harus efektif dalam mendestruksi material organik dan tidak mempengaruhi analisis kualitatif dan kuantitatif dari mikroplastik didalamnya. Ada tiga macam metode destruksi yaitu dengan larutan asam, basa, dan enzim. Larutan asam kuat seperti HNO_3 69% memiliki kelemahan yaitu dapat mendestruksi mikroplastik seperti *polystyrene* dan fiber seperti nylon. Destruksi dengan enzim (proteinase K) pada dasarnya tidak merusak mikroplastik di dalam organisme dan *digestion rate*-nya baik (sampai dengan 97,7%), akan tetapi aplikasinya menjadi sangat terbatas karena harganya mahal (Prata *et al.*, 2019; Ding *et al.*, 2018; Catarino *et al.*, 2017; Van Cauwenberghe *et al.*, 2015).

Berbeda dengan larutan asam kuat dan enzim, larutan basa (KOH 10%) terbukti dapat mendestruksi seluruh bagian ikan dengan *digestion efficiency* sampai dengan 98,9% (Karami *et al.*, 2017) dan mendestruksi berbagai jenis kerang dalam waktu cukup singkat yaitu 24-48 jam tanpa merusak mikroplastik yang ada di dalam organisme tersebut (Abdili *et al.*, 2019). Sebagai pembanding larutan basa, penelitian ini juga menggunakan larutan asam lemah H_2O_2 30%. Hidrogen peroksida juga disebut sebagai oksidator kuat. Penelitian oleh Digka *et al.* (2018) membuktikan bahwa larutan ini baik untuk melarutkan komponen organik kerang dan ikan tanpa merubah bentuk dari partikel mikroplastik PE, PP, PS, dan PET.

Berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan, metode destruksi dengan larutan basa KOH 10% ternyata tidak dapat melarutkan seluruh jaringan kerang darah dalam waktu lebih dari 72 jam walaupun dengan penambahan perlakuan fisik seperti pengadukan. Larutan yang terbentuk juga menjadi lebih kuning dan ada endapan coklat didasar gelas beker. Sedangkan pada metode destruksi dengan H_2O_2 30%, larutan yang terbentuk berwarna transparan dan tidak tampak ada jaringan kerang yang belum terdestruksi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Li *et al.*, (2015), Digka *et al.*, (2018), dan Prata *et al.* (2019),

bahwa hidrogen peroksida mampu mendigesti jaringan organik bivalvia dengan *recovery efficiency* sampai dengan 95% hampir tanpa merubah tampilan mikroplastik.

Pemisahan mikroplastik dari sampel berdasarkan densitas menjadi langkah selanjutnya setelah destruksi. Pada pemisahan berdasar densitas ini, diharapkan partikel mikroplastik yang lebih rendah densitasnya dapat mengapung atau melayang dan partikel yang densitasnya lebih besar seperti pasir, lumpur, sedimen, dan material lain dapat mengendap didasar gelas. Beberapa larutan garam seperti NaI dan NaCl telah digunakan untuk prosedur ini. Larutan NaI memiliki kelemahan yaitu harganya mahal, sehingga NaCl lebih banyak dipilih untuk prosedur ini. Densitas NaCl yang umum digunakan adalah $1,2 \text{ g/cm}^3$. Penambahan larutan garam diikuti dengan pengocokan untuk menghomogenkan sampel dan garam. Setelah homogen, maka campuran ini didiamkan selama 24 jam untuk mengendapkan partikel yang densitasnya lebih besar. Kombinasi antara metode pemisahan densitas dengan ekstraksi seperti destruksi mampu mengisolasi mikroplastik dengan lebih baik (Mai *et al.*, 2018).

5.2. Penjaminan Mutu Analisis

Dalam rangka untuk mendapatkan data yang valid, diperlukan pencegahan kontaminasi dari plastik faktor eksternal selama proses pengambilan sampel, persiapan, penelitian, dan analisis dengan alat yang akan digunakan. Penggunaan alat berbahan dasar plastik dihindari semaksimal mungkin, jika terpaksa menggunakan alat berbahan plastik, maka sebelum digunakan dilakukan pembilasan dengan akuabides sebanyak 3 kali. Peralatan berbahan kaca dan *stainless steel* dibersihkan, dibilas akuabides, ditutup dengan *aluminium foil*, dan dikeringkan dalam oven 50°C selama 5 jam sebelum digunakan. Sebelum melakukan penelitian, meja kerja dibersihkan dengan alkohol 70% dan akuabides dan penelitian dilakukan di ruangan yang tertutup (Huang *et al.*, 2020; Hanachi *et al.*, 2019).

Untuk memastikan sampel tidak terkontaminasi sebelumnya, maka digunakan larutan blanko yang diperlakukan sama dengan sampel. Selain blanko, disediakan pula kertas saring baru untuk ditempatkan disekitar meja kerja yang bertujuan untuk mengetahui

kontaminasi dari udara sekitar. Masing – masing blanko maupun kontrol disediakan minimal dua buah (Huang *et al.*, 2020).

Seluruh larutan yang digunakan pada penelitian ini disaring vakum dengan kertas saring Whatman 541 sebelum digunakan. Peneliti juga menggunakan sarung tangan nitril dan jas laboratorium lengan panjang 100% katun sebagai salah satu tindakan pencegahan kontaminasi. Tindakan pencegahan kontaminasi lain adalah dengan pencucian kerang darah dengan air mengalir dan dibilas dengan akuabides untuk menghilangkan sedimen dan material lain yang menempel pada kerang darah (Hanachi *et al.*, 2019; Mai *et al.*, 2018).

5.3. Jumlah PSM pada Kerang Darah, Air Laut dan Sedimen

Rata-rata jumlah partikel per gram berat basah kerang darah adalah $14,11 \pm 4,51$ pada Lokasi 1 dan $14,89 \pm 7,29$ pada Lokasi 2. Jika dihitung dalam satuan per individu, maka kandungan PSM adalah $15,58 \pm 4,64$ partikel per individu pada Lokasi 1 dan $21,07 \pm 8,38$ partikel per individu pada Lokasi 2. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilaporkan Scott *et al.* (2019) bahwa pada kerang *Mytillus edulis* di Inggris terdapat 1,43 sampai 7,64 partikel per individu dan yang dilaporkan Fitri & Patria (2019) bahwa terdapat 434 partikel per individu *Anadara granosadi* Jambi. Perbedaan jumlah PSM dapat disebabkan karena sampah yang dibuang masyarakat, individu, atau industri tidak dapat diprediksi waktu dan jumlahnya (Lestari *et al.*, 2020) dan tidak ada korelasinya dengan berat sampel (Scott *et al.*, 2019).

Penelitian ini menggunakan seluruh *edible flesh* kerang dengan tidak memisahkan jaringan-jaringan dalam individu kerang karena pada dasarnya konsumsi kerang darah oleh manusia adalah seluruh jaringan lunak di dalam cangkang kerang darah tanpa memisahkan saluran pencernaannya (Abidli *et al.*, 2019). Hal ini dikuatkan Ding *et al.* (2018) dan Mai *et al.* (2018), bahwa seluruh bagian jaringan lunak bisa digunakan untuk penelitian karena metode pemisahan saluran pencernaan pada bivalvia yang ada saat ini masih perlu pengembangan dan perbaikan.

Seluruh kerang darah yang diambil dari Lokasi 1 maupun Lokasi 2 untuk penelitian ini 100% mengandung PSM (total 60 sampel). Kehadiran mikroplastik dalam jaringan lunak kerang darah adalah hasil dari proses biologis organisme atau bioakumulasi. Sebagai organisme *filter feeder*, kerang dan bivalvia lain mampu menyerap banyak air ketika makan dan mengeluarkan partikel yang bukan organik dalam bentuk pseudofeses dan feses. Akan tetapi, pada jumlah yang sudah terlalu banyak, kemungkinan mikroplastik tersebut dapat masuk ke dalam saluran pencernaan kerang dapat terjadi (Birnstiel, *et al.*, 2019; Browne, *et al.*, 2008). Menurut Scott *et al.* (2019), kerang berukuran rata-rata 2,15 cm mampu menyaring air rata-rata 15 ml per menit, akan tetapi berapa lama waktu setelah menyerap air sampai partikel non organik diolah menjadi pseudofeses masih belum diketahui (Waite *et al.*, 2018), sehingga kemungkinan mikroplastik terjebak dalam insang karena *excretion rates* kerang tergolong rendah (Su *et al.*, 2018) turut mendukung adanya mikroplastik dalam jaringan lunak kerang saat diteliti.

Konsentrasi mikroplastik pada kerang dan hewan laut lain tidak tergantung pada ukuran tubuh, tetapi pada habitat dan *feeding behaviour*. Sebagai salah satu bioindikator pencemaran, penemuan mikroplastik di dalam jaringan kerang darah berarti mengindikasikan mikroplastik juga terdapat di lingkungan sekitarnya yaitu perairan laut dan sedimen (Digka *et al.*, 2018). Li *et al.* (2019) menyatakan bahwa ada korelasi positif dari mikroplastik yang ada di dalam kerang dengan perairan di sekitarnya. Pada penelitian ini, air laut yang diteliti juga 100% mengandung PSM dengan rata-rata $0,01 \pm 0,01$ partikel per gram pada Lokasi 1 dan rata – rata $0,02 \pm 0,01$ partikel per ml pada Lokasi 2. Jumlah ini lebih besar dibandingkan dengan temuan Lestari *et al.* (2020) di Sungai Surabaya yaitu berkisar 0,000006 sampai 0,000021 partikel per ml air, akan tetapi lebih sedikit jika dibandingkan hasil penelitian oleh Fitri & Patria (2019) di Jambi sebanyak 0,28 partikel per ml air. Perbedaan hasil dari berbagai penelitian dapat disebabkan oleh intensitas aktivitas manusia atau nelayan, adanya pelabuhan disekitar perairan, dan jumlah sampah yang dibuang oleh masyarakat sekitarnya (Fitri & Patria., 2019).

Konsentrasi PSM dalam air kedalaman 1 meter di Lokasi 1 adalah 0,01 dan di Lokasi 2 adalah 0,02 partikel per ml. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Khoironi *et al.* (2020) di Tambak Lorok Semarang yang melaporkan 7 sampai 111 partikel per ml air dan Lestari *et al.* (2020) di Surabaya yang melaporkan 0,000001 sampai 0,000043 partikel per ml air. Pada kedalaman air 4 meter (*middle depth*), ditemukan 0,01 dan 0,02 partikel PSM per ml air di Lokasi 1 dan 2 secara berurutan. Pada penelitian di kedalaman *middle depth* di Surabaya, ditemukan hasil yang berbeda yaitu 0,000001 sampai 0,000012 partikel mikroplastik per ml air. Perbedaan hasil penelitian dapat terjadi karena distribusi mikroplastik di air laut yang sangat beragam dipengaruhi oleh angin, turbulensi air laut, pembuangan sampah masyarakat dan juga limbah industri yang tidak bisa diprediksi waktunya (Khoironi *et al.*, 2020; Lestari *et al.*, 2020).

Partikel mikroplastik dapat berada di kedalaman *middle depth* apabila densitasnya menyerupai densitas air laut atau terjadi *biofouling* pada permukaan PSM yang densitasnya rendah (Lestari *et al.*, 2020; Digka *et al.*, 2018). *Biofouling* juga dapat menyebabkan PSM yang densitasnya rendah atau sama dengan air laut bisa berada di dasar (*bottom*) perairan. Penelitian ini mencatat 0,02 partikel PSM per ml air pada kedalaman 8 m. Sedangkan di Surabaya, peneliti mencatat hasil yang berbeda yaitu 0,000001 sampai 0,000034 partikel mikroplastik per ml. Perbedaan jumlah PSM di perairan sangat ditentukan oleh kondisi sekitar perairan tersebut. Di lokasi penelitian ini Tambak Lorok, terdapat Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah. Lokasi TPA yang berdekatan dengan perairan dan limbah domestik dari Kota Semarang yang langsung menuju laut tanpa ada perlakuan (Khoironi *et al.*, 2020) kemungkinanturut menyumbang konsentrasi PSM di penelitian ini.

Mikroplastik dapat mengapung atau melayang di perairan dan juga dapat tenggelam di dasar laut serta terakumulasi di sedimen. Kerang darah adalah organisme yang tinggal di dasar perairan dan tubuhnya sering terkubur dalam sedimen. Selain memperoleh mikroplastik dari menyerap air saat makan, kemungkinan terjadi penyerapan mikroplastik dapat berasal dari sedimen juga. Pada penelitian ini ditemukan $1,63 \pm 0,36$ partikel PSM per gram berat kering sedimen di Lokasi 1 dan $1,13 \pm 0,51$ partikel per gram berat kering

sedimen di Lokasi 2. Hasil penelitian ini lebih sedikit dibandingkan penelitian Khoironi *et al.* (2020) yang memperoleh hasil 8-49 partikel per gram dan Fitri & Patria (2019) di Jambi yang mencatat bahwa mikroplastik yang terkandung di sedimen adalah 11,2 partikel per gram berat kering. Akan tetapi, hasil yang diperoleh pada penelitian ini lebih banyak dibandingkan penelitian Asadi *et al.* (2019) dalam sedimen di perairan Situbondo yaitu 0,116 partikel per gram berat kering dan penelitian oleh Falahudin *et al.*, (2019) di Banten yaitu 0,267 partikel per gram berat kering sedimen. Perbedaan hasil penelitian dapat terjadi mengingat mikroplastik pada area pantai sangat terpengaruh arus, angin, aktivitas air laut, dan pembuangan sampah masyarakat dan juga limbah industri yang tidak bisa diprediksi waktunya. Arus yang sangat kuat dan perbedaan tingkat pencemaran plastik di setiap pantai dapat mempengaruhi mikroplastik untuk tenggelam di sedimen (Khoironi *et al.*, 2020; Lestari *et al.*, 2020).

Dalam penelitian ini, rata – rata PSM yang ada dalam air laut, sedimen dan kerang darah adalah 0,02 partikel/ml, 1,42 partikel/g berat kering, dan 14,5 partikel/g berat basah secara berurutan. Kehadiran mikroplastik pada hewan laut mencerminkan adanya mikroplastik di sekitar tempat hidup hewan tersebut. Kerang darah memiliki rata-rata jumlah PSM terbanyak karena kerang merupakan organisme *filter feeder* yang menjebak polutan dalam insang karena *excretion rates* kerang tergolong rendah (Su *et al.*, 2018). Konsentrasi mikroplastik yang paling rendah adalah pada air laut. Air laut memiliki konsentrasi PSM terendah disebabkan karena air mudah membentuk arus dan berpindah karena kondisi cuaca dan lingkungan sekitarnya. Sedangkan PSM yang terdapat di sedimen tidak mudah berpindah karena sedimen relatif stabil berada di dasar laut (Di & Wang, 2017).

5.4. Bentuk dan Warna PSM pada Kerang Darah, Air Laut, dan Sedimen

Hasil penelitian dengan sampel kerang darah menunjukkan bahwa pada Lokasi 1, bentuk PSM yang paling banyak ditemukan secara berurutan adalah bead, fiber, fragment, dan film. Warna pada PSM di Lokasi 1 juga beragam dan terdiri dari sembilan warna yang berbeda. Jika diurutkan dari yang terbanyak adalah abu-abu, hitam, biru, coklat, merah, transparan, oranye, ungu, dan hijau. Sedangkan pada Lokasi 2, bentuk PSM yang paling

banyak ditemukan secara berurutan adalah fragment, bead, fiber, dan film. Warna PSM di Lokasi 2 berturut – turut adalah abu-abu, hitam, transparan, coklat, biru, merah, oranye, hijau, dan merah muda secara berurutan mulai yang terbanyak.

Pada penelitian ini bentuk PSM terbanyak yang ditemukan dalam kerang darah dari Lokasi 2 adalah fragment. Hal ini sesuai dengan Phuong *et al.* (2018) dalam penelitiannya pada kerang dari Pantai Atlantik Prancis. Sedangkan mayoritas bentuk bead, ditemukan dalam kerang darah di Lokasi 1. Bentuk bead biasanya berasal dari bahan baku industri plastik, produk *daily personal care*, dan juga hasil sampingan dari produksi *degradable plastic* (Di & Wang, 2017). Perbedaan mayoritas bentuk PSM dimungkinkan terjadi karena perbedaan jenis sampah yang banyak dibuang pada waktu tersebut (Digka *et al.*, 2018) mengingat Lokasi 1 didatangi bulan April 2019 dan Lokasi 2 di bulan Mei 2019.

Sampel air laut mengandung bentuk PSM berturut-turut dari yang terbanyak adalah fragment, fiber, bead, dan film (Lokasi 1) serta fragment, fiber, film, dan bead (Lokasi 2). Fragment sebagai jumlah terbesar bisa diduga berasal dari botol, gelas, tas plastik, plastik bungkus minuman, kemasan *sachet* barang-barang *consumer good*, dan juga sepatu boot sesuai dengan Gambar 10. Jika pada penelitian ini fiber adalah jumlah terbesar kedua, Khoironi *et al.* (2020) di lokasi yang sama justru menemukan mayoritas mikroplastik dalam bentuk fiber. Bentuk fiber dapat diduga berasal dari benang pancing, tali, jala, maupun pakaian.

Bentuk PSM yang ditemukan di sampel sedimen dari 2 lokasi hanya 3 macam yaitu fragment, fiber, dan film secara berurutan dari yang terbanyak. Hal ini sesuai dengan yang ditemukan oleh Asadi *et al.* (2019) bahwa pada sedimen di Situbondo ditemukan pula 3 macam bentuk PSM yaitu fiber, film, dan fragment secara berurutan dari jumlah terbanyak. Jika pada penelitian ini ditemukan bentuk terbanyak yaitu fragment, di Situbondo dan Tambak Lorok oleh Khoironi *et al.* (2020) ditemukan mikroplastik terbanyak dalam bentuk fiber. Populasi masyarakat sekitar, aktivitas sekitar perairan, pengelolaan air limbah, arus

laut, dan jenis pabrik di sekitar pantai turut menyumbang bentuk plastik yang berbeda pada setiap waktu atau daerah.

Dalam sampel kerang darah, air laut, dan sedimen, ditemukan 3 bentuk mikroplastik yang sama yaitu fragment, fiber, dan film. Sedangkan bentuk bead, hanya terdapat pada air laut dan kerang darah. Hal ini sesuai dengan penelitian Qu *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa ada hubungan positif antara jumlah, bentuk, ukuran, dan jenis mikroplastik dalam kerang dengan perairan karena kerang makan dengan cara menghisap air sekitarnya. Kandungan mikroplastik pada kerang mengindikasikan adanya polusi mikroplastik pada perairan laut dan membuktikan bahwa mikroplastik dapat berpindah melalui rantai makanan (Su *et al.*, 2018). Bentuk bead tidak terdapat pada sedimen dapat disebabkan karena pada dasarnya sedimen lebih stabil, sehingga mikroplastik dalam sedimen berpindah dengan sangat lambat dibandingkan dengan mikroplastik pada air. Hal ini sesuai dengan penelitian Di *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa tidak ada hubungan antara ketersediaan mikroplastik di perairan dengan di sedimen.

Mayoritas warna yang ditemukan pada penelitian dengan sampel kerang darah adalah abu-abu dan hitam secara berurutan. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dicatat Phuong *et al.* (2017) bahwa mayoritas warna mikroplastik yang ditemukan dalam kerang dan tiram di Prancis adalah abu-abu. Sedangkan pada sampel kerang di Yunani oleh Digka *et al.* (2018) mayoritas warnanya adalah biru. Perbedaan ini berkaitan dengan perbedaan pengelolaan limbah dan jenis sampah yang dibuang berbeda-beda di tiap negara (mikroplastik primer). Selain dari sumber mikroplastik primer, warna abu-abu juga kemungkinan merupakan hasil degradasi, *bleaching* dan diskolorisasi mikroplastik warna hitam karena terekspos sinar UV secara terus menerus (mikroplastik sekunder), demikian pula dengan warna transparan yang kemungkinan hasil diskolorisasi dari warna-warna terang lainnya (Asadi *et al.*, 2019; Phuong *et al.*, 2019; Browne *et al.*, 2008).

Terdapat sembilan warna PSM yang berbeda dalam sampel air laut. Pada Lokasi 1, warna yang ditemukan adalah hitam, biru, transparan, abu-abu, coklat, merah, dan oranye secara

berurutan dari yang terbanyak. Sedangkan pada Lokasi 2, ditemukan warna hitam, transparan, biru, abu-abu, coklat, merah, oranye, putih, dan ungu. Jika melihat dari sampah plastik yang terangkut jala bersama dengan kerang darah, warna hitam kemungkinan berasal dari tas plastik, tali rafia, bungkus sampo, bungkus pewangi pakaian, dan sepatu boot. Sedangkan warna transparan terdapat pada plastik, kemasan air mineral gelas, dan botol air mineral.

Warna PSM sampel sedimen pada Lokasi 1 memiliki urutan dari yang terbanyak hitam, transparan, oranye, coklat, biru, abu-abu, hijau, dan merah. Sedangkan pada Lokasi 2, warnanya berturut-turut adalah hitam, transparan, biru, oranye, coklat, merah, dan abu-abu. Di perairan Situbondo, warna PSM yang ditemukan antara lain transparan, putih, biru, merah, hitam, coklat, hijau, oranye, dan kuning. Walaupun dengan persentase yang berbeda, tetapi warna yang ditemukan di sedimen Tambak Lorok dengan di Situbondo mayoritas sama. Di perairan Indonesia, mayoritas warna PSM yang ditemukan adalah transparan (Syakti *et al.*, 2017), sebagai warna kedua terbanyak yang ditemukan dalam penelitian ini. Warna mayoritas yang ditemukan pada sedimen adalah hitam.

Warna hitam adalah warna salah satu warna mayoritas yang ditemukan dalam kerang darah, air laut, dan sedimen. Hal ini sesuai dengan penelitian Su *et al.* (2018) di Cina yang mencatat bahwa warna mayoritas yang ditemukan pada perairan dan sedimen adalah sama (dalam kasus tersebut adalah warna biru). Perbedaan warna PSM di tiap negara akan berbeda, sesuai dengan sampah atau limbah yang dibuang masing-masing negara.

5.5. Ukuran PSM pada Kerang Darah, Air Laut, dan Sedimen

Ukuran panjang PSM yang berbentuk fiber dalam kerang darah berkisar antara 14,19 sampai 15674,52 μm , bentuk film berkisar 30,91 sampai 667,4 μm , bentuk fragment berkisar 3,68 sampai 13516,69 μm , dan bentuk bead berkisar 17,06 sampai 315,29 μm . Penelitian oleh Cho *et al.* (2019) di Korea Selatan melaporkan ukuran mikroplastik pada 4 jenis bivalvia adalah diantara 43 - 4720 μm . Dalam sampel air laut, ukuran mikroplastik yang berbentuk fiber berada pada kisaran 125,59 sampai 6242,62 μm , bentuk film berkisar

antara 229,52 sampai 630,27 μm , bentuk fragment berkisar 20,2 sampai 1240,22 μm , dan bentuk bead berkisar 65,20 sampai 131,15 μm . Penelitian Khoironi *et al.* (2020) di Tambak Lorok menemukan bahwa ukuran mikroplastik yang diperoleh dari air laut adalah antara 48,02 sampai 1279,12 μm mayoritas dalam bentuk fiber. Sedangkan dalam sampel sedimen, ukuran mikroplastik yang berbentuk fiber berada pada kisaran 233,89 sampai 6787,29 μm , bentuk film berkisar antara 464,15 sampai 721,29 μm , dan bentuk fragment berkisar 49,48 sampai 1213,00 μm . Penelitian Khoironi *et al.* (2020) pada sedimen di Tambak Lorok menemukan PSM berukuran panjang 255,13 sampai 7172,15 μm mayoritas dalam bentuk fiber.

Plastik disebut mikroplastik apabila berukuran 1 sampai dengan 5000 μm (Andrady, 2017). Jika dilihat pada hasil pengamatan, sebagian besar PSM pada kerang darah, air laut, dan sedimen masuk dalam ukuran mikroplastik (nilai rerata kurang dari 5000 μm) dan hanya beberapa fiber dan fragment yang memiliki ukuran lebih dari 5000 μm . Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar partikel plastik yang terdapat pada kerang darah, sedimen, dan air laut di Tambak Lorok memang berupa mikroplastik. Penelitian oleh Falahudin *et al.* (2019) pada sedimen di Banten juga mendapatkan ukuran lebih dari 5000 μm sebanyak 1% dan Khoironi *et al.* (2020) pada sedimen di Tambak Lorok memperoleh fiber dengan maksimal ukuran 7172,15 μm .

Mayoritas PSM yang ditemukan pada Lokasi 1 dan Lokasi 2 berada pada rentang ukuran 20 - 100 μm . Persentase jumlah PSM pada rentang tersebut memiliki rata-rata 55%. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Phuong *et al.* (2017) bahwa mikroplastik yang ditemukan pada kerang dan tiram di Prancis berkisar pada rentang dibawah 100 μm . Menurut Qu *et al.* 2018, kerang cenderung menghisap mikroplastik yang ukurannya lebih kecil ketika memasukkan air sekitarnya untuk makan. Penelitian oleh Browne *et al.* (2008) mencatat bahwa mikroplastik dengan ukuran lebih kecil memiliki resiko toksisitas lebih besar karena lebih mudah dihisap dan terakumulasi dalam jaringan organisme sehingga organisme tersebut akan mengalami penurunan nafsu makan, kekurangan nutrisi, penyumbatan saluran, dan bahkan kematian. Sedangkan untuk PSM yang berukuran lebih

besar dari 1000 μm , penelitian ini menemukan sebanyak 11 %. PSM yang berada dalam ukuran ini kemungkinan besar berada di dalam insang kerang, karena partikel dengan ukuran tersebut tidak memungkinkan untuk dapat tersaring dan masuk jaringan kerang (Phuong *et al.*, 2017).

Pada penelitian ini, persentase ukuran PSM terbanyak dalam sedimen dan air laut berada pada rentang 100 – 1000 μm dengan persentase 67% dan 62%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dicatat oleh Falahudin *et al.* (2019) dan bahwa di Pantai Banten, mayoritas terdapat mikroplastik dalam sedimen berada pada rentang 100-1000 μm dengan persentase 70%. Hasil penelitian pada air laut juga sesuai dengan penelitian oleh Afdal *et al.* (2019) di Pantai Makasar bahwa mayoritas mikroplastik dalam air laut berada pada rentang ukuran dibawah 1000 μm dengan persentase 51%.

Mayoritas rentang ukuran PSM yang ditemukan dalam air laut sama dengan yang ditemukan dalam sedimen. Sedangkan hasil berbeda ditemukan di kerang darah, mayoritas rentang ukuran yang ditemukan di kerang darah lebih kecil daripada di air laut maupun sedimen. Perbedaan mayoritas rentang ukuran di kerang darah dengan air dan sedimen menunjukkan bahwa serapan mikroplastik oleh kerang tidak selalu proporsional dengan lingkungan sekitarnya. Bivalvia memiliki kemampuan untuk membuat partikel yang lebih besar untuk tetap di insang atau sering ditemukan menempel pada kaki maupun mantel kerang (Scott *et al.*, 2019; Phuong *et al.*, 2017).

5.6. Identifikasi Mikroplastik dengan ATR-FTIR

Total mikroplastik yang diamati dengan mikroskop adalah 978 partikel. Sedangkan partikel yang teridentifikasi dengan ATR-FTIR pada penelitian ini hanya 603 dari total 978 partikel (62%). Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Cho *et al.* (2019) pada penelitiannya bahwa fiber yang terdeteksi hanya 66% karena FTIR tidak dapat mendeteksi sampel yang terlalu tipis seperti fiber yang sangat tipis atau partikel dengan ukuran dibawah 20 μm (Lusher *et al.*, 2017).

Jenis polimer yang dilaporkan dalam di penelitian ini adalah polimer yang memiliki *similarity score* diatas 600 atau bisa diartikan memiliki kecocokan panjang gelombang minimal 60% sesuai dengan Hanachi *et al.* (2019). Berdasar kriteria tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa hanya 5,15% polimer yang dapat dikonfirmasi jenisnya. Sedangkan sisanya, berada pada rentang 500 sampai 599. Polimer yang berada pada rentang 500 sampai 599 dimungkinkan terjadi karena ATR-FTIR mengharuskan kontak dengan partikel yang akan diidentifikasi. Kontak fisik ini bisa membuat partikel kecil tergeser dan FTIR tidak bisa mendeteksi partikel dibawah 20 μm .

Jenis mikroplastik yang terdapat di perairan laut berkaitan dengan aktivitas masyarakat sekitarnya. Polimer mikroplastik yang paling banyak ditemui pada kerang darah adalah PE (*polyethylene*). *Polyethylene* adalah plastik yang paling sering digunakan di seluruh dunia dan merupakan sampah yang paling sering ditemukan, biasanya berasal dari botol ataupun tas plastik (Digka *et al.*, 2018; Phuong *et al.*, 2018; Avio *et al.*, 2016). Penelitian ini juga mencatat penemuan terbanyak pada sampel kerang darah adalah jenis-jenis *ethylene* yaitu PE, HDPE, EAA, EEA, dan EVA yang biasanya berasal dari peralatan memancing, industri sepatu, dan bahan baku kemasan (Ferreira *et al.*, 2020).

Jenis plastik lain yang banyak ditemukan dalam kerang darah di penelitian ini adalah *styrene*. Jenis *styrene* yang ditemukan antara lain ABS, SA, dan SBS. Plastik jenis ini biasanya digunakan untuk pembuatan mainan dan industri otomotif (Phuong *et al.*, 2017). Jenis lain yang ditemukan adalah nylon (*polyamide*) yang biasanya berasal dari jala, benang pancing dan tali (Ferreira *et al.*, 2020), PCTFE biasanya digunakan untuk peralatan elektronik atau kabel listrik karena tahan panas, dan *polyester* yang biasa digunakan untuk bahan baku tekstil seperti pakaian.

Pada sampel air laut, mikroplastik yang terdeteksi adalah jenis ABS, PP, dan SA. Mikroplastik jenis PE dan PP adalah jenis yang paling sering ditemui baik pada air, sedimen, maupun biota laut di seluruh dunia karena produksinya sudah sangat besar dan kebutuhannya juga meningkat (49% dari permintaan plastik seluruh dunia adalah jenis

tersebut). Selain itu, perpindahan karena arus maupun angin akan sangat mudah mengingat bahwa jenis plastik tersebut tergolong ringan (densitasnya rendah) (Cho *et al.*, 2019).

Sedangkan dalam sampel sedimen, ditemukan mikroplastik jenis PVC. PVC memiliki densitas antara 1,20 sampai 1,45 g/cm³ (Avio *et al.*, 2016) sehingga sangat mungkin terdapat di dasar laut dan sedimen. Mikroplastik jenis PVC biasanya berasal dari pipa air.

Pada sampel kerang darah, *similarity score* tertinggi adalah 708 yang diidentifikasi sebagai HDPE di FTIR. Jenis plastik HDPE memiliki puncak absorpsi di *wavenumber* 718-730, 1450-1471, dan 2849-2960 cm⁻¹ karena -CH₂ asimetris dan simetris meregang, membengkok, dan berguncang (Tiwari *et al.*, 2019). Dalam sampel air laut, *score* tertinggi adalah 633 yang diidentifikasi sebagai ABS. Pada spektrum ABS, absorpsi terjadi pada *wavenumber* 2237 cm⁻¹ yang berhubungan dengan gugus nitrilnya, kemudian pada 1450-1600 cm⁻¹ yang berhubungan dengan kopolimer ikatan rangkap ABS, dan pada 3061 cm⁻¹ terjadi getaran ikatan C-H pada gugus *styrene* (Sanaeepur *et al.*, 2011). Sedangkan pada sampel sedimen, *score* tertinggi adalah 603 yang diidentifikasi sebagai PVC. Menurut Kappler *et al.* (2016), PVC memiliki rentang spektra pada *wavenumber* 2980-2780 cm⁻¹ dan 1480-1400 cm⁻¹. Pada rentang 2980-2780 cm⁻¹ terjadi peregangan getaran pada gugus CH/CH₂/CH₃ sedangkan pada rentang 1480-1400 cm⁻¹ terjadi pembengkokan getaran gugus CH₂. Jadi, kemungkinan ada kemiripan sekitar 70%, 63%, dan 60% antara spektrum sampel kerang darah, air laut, dan sedimen pada rentang *wavenumber* di atas.

Sesuai dengan densitasnya, plastik PE dan PP terapung di perairan karena densitasnya lebih rendah dari air laut (0,93 – 0,98 g/cm³ dan 0,89 – 0,91 g/cm³ secara berurutan). Sedangkan PET, PTFE, PS, dan PVC cenderung tenggelam karena densitasnya lebih besar dari air laut. Jenis PSM yang densitasnya rendah bisa juga ditemukan di dasar perairan karena adanya *biofouling* dan *contaminant fouling*. Plastik dengan luas permukaan yang lebih besar dan sudah lapuk cenderung menyerap lebih banyak polutan ataupun mengakumulasi mikroorganisme yang menyebabkan plastik menjadi lebih berat (Digka *et al.*, 2018; Waite, *et al.*, 2018). Hal ini menjelaskan bagaimana kerang darah yang hidup

dasar laut dapat terkontaminasi plastik yang densitasnya lebih rendah dari pada air laut seperti PE.

5.7. Risiko Kontaminan Mikroplastik terhadap Keamanan Pangan

Seiring dengan meningkatnya populasi manusia, maka air limbah yang dihasilkan juga semakin meningkat. Pengelolaan air limbah industri maupun rumah tangga, angin yang menggerakkan sampah dari Tempat Pembuangan Akhir disekitar laut, aktifitas manusia seperti menjala ikan, memancing, berlayar, dan rekreasi di sekitar laut merupakan sumber kehadiran mikroplastik di perairan laut (Waite *et al.*, 2018).

Kontaminan mikroplastik telah ditemukan dalam berbagai hewan yang sering dikonsumsi manusia seperti ikan, bivalvia, dan udang. Sebagai contoh, bivalvia yang ditemukan pada berbagai penelitian mengandung mikroplastik karena air dan sedimen di sekitarnya terkontaminasi dengan mikroplastik. Kontaminan mikroplastik juga ditemukan pada *seafood* yang dijual di pasar untuk konsumsi manusia. Hal ini meningkatkan kewaspadaan terhadap masuknya mikroplastik ke dalam tubuh manusia sebagai makanan dan efeknya terhadap kesehatan (Barboza *et al.*, 2018).

Partikel plastik yang masuk ke dalam tubuh organisme akan menyebabkan beberapa kerusakan fisik pada saluran maupun organ ditambah dengan bahan kimia yang akan terurai di dalam jaringan atau organ akan meningkatkan resiko toksisitas bagi organisme pemangsanya. Masuknya mikroplastik ke dalam tubuh *seafood* dapat menimbulkan kerusakan fisik pada jaringan dan organ hewan tersebut. Penelitian ini mencatat 58% partikel berukuran dibawah 100 μm , padahal menurut Barboza *et al.* (2018), mikroplastik yang berukuran kurang dari 150 μm kemungkinan dapat berpindah lokasi dari saluran pencernaan ke kelenjar getah bening dan peredaran darah sedangkan apabila berukuran $\leq 20 \mu\text{m}$ dapat memasuki organ. Jika hal tersebut terjadi, maka mikroplastik dapat masuk ke hati, otot, dan otak. Interaksi antara mikroplastik dengan sel dan sistem imun juga dikawatirkan dapat memicu *cytotoxicity* dan *immunotoxicity* (Barboza *et al.*, 2018).

Mikroplastik juga dapat menjadi alat transportasi bagi bahan-bahan kimia berbahaya baik yang sudah ada dalam mikroplastik tersebut maupun menyerap dari lingkungan sekitarnya seperti *styrene*, logam berat, *phthalate*, *bisphenol A* (BPA), *polychlorinated bisphenyl* (PCB), dan *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs) (Barboza *et al.*, 2018). Walaupun bioakumulasi plastik masih sedikit dipelajari, tetapi transfer mikroplastik sudah dipastikan terjadi. Transfer mikroplastik inilah yang mendorong terjadinya bioakumulasi pada top predator seperti ikan, burung, mamalia, dan manusia. Bioakumulasi ini pada akhirnya juga akan menyumbang toksin, logam berat, zat aditif, dan komponen organik lain (POPs) yang mudah berasosiasi dengan mikroplastik untuk masuk dalam rantai makanan (Waite *et al.*, 2018).

Selain bahan kimia berbahaya, mikroba patogen seperti *Vibrio spp.*, *Escherichia coli*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus cereus*, dan *Aeromonas salmonicida* juga ditemukan pada permukaan mikroplastik. Oleh karena itu, mikroplastik juga dapat meningkatkan resiko penyakit pada hewan atau manusia melalui mikroba patogen. Walaupun mikroplastik telah terbukti ada pada berbagai *seafood*, namun belum ada informasi yang jelas mengenai penyerapan mikroplastik pada tubuh manusia (Barboza *et al.*, 2018).

Bivalvia adalah *seafood* yang sangat populer bagi manusia dan dapat menjadi perantara langsung untuk konsumsi manusia karena konsumsinya secara utuh tanpa membuang saluran cernanya. Penelitian pada jenis tiram (*oyster*) mencatat hasil konsentrasi mikroplastik dua kali lebih besar dari kerang (*mussel*) di lokasi yang sama. Hal ini disebabkan karena *feeding behavior* tiram adalah menyerap air dua kali lebih banyak sehingga bioakumulasi yang terjadi juga lebih besar dari kerang (Phuong *et al.*, 2017).

Pada penelitian ini ditemukan sekitar 14 partikel per gram berat basah kerang darah. Jika diasumsikan satu orang mengkonsumsi 250 gram berat basah kerang darah seperti pada Van Cauwenberghe & Janssen (2014), maka orang tersebut mengkonsumsi 3500 partikel mikroplastik. Sebagai salah satu upaya untuk mengurangi masuknya mikroplastik dalam

tubuh manusia, sebaiknya *seafood* dicuci dengan *filtered water* dan insang serta saluran cerna dibuang sebelum dimakan mentah atau dimasak (Cho *et al.*, 2019). Oleh karena itu, diperlukan penelitian mengenai kontaminasi dan karakter mikroplastik yang ada pada *seafood* untuk mengetahui potensi resiko terhadap kehidupan laut dan kesehatan manusia. Selain pada *seafood*, mikroplastik juga dilaporkan ada pada madu, bir, sarden kaleng, garam, dan air minum (Hanachi *et al.*, 2019).

Terlepas dari kandungan gizi kerang darah, kontaminan mikroplastik yang terdapat dalam kerang darah dan *seafood* lain perlu mendapat perhatian lebih lanjut. Penentuan *total dietary exposure* mikroplastik untuk manusia perlu mulai dikaji (Cho *et al.*, 2019). Penetapan penanganan, penyimpanan, dan petunjuk menyiapkan *seafood* diperlukan untuk memimalkan translokasi mikroplastik ke manusia. Sementara belum ada penetapan yang baku, hal sederhana yang bisa dilakukan untuk mengurangi resiko translokasi mikroplastik dari kerang darah dan *seafood* lain ke manusia adalah dengan cara mencuci dengan air mengalir dan selalu membuang insang maupun saluran pencernaan sebelum diolah lebih lanjut.

