

4. PEMBAHASAN

4.1. Uji Pendahuluan

4.1.1. Preparasi *Reference Material* (Standar Internal)

Reference material (standar internal) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 jenis polimer yaitu PS, PP, PE, dan PVC. Keempat jenis *reference material* ini dipilih karena termasuk 6 jenis plastik yang paling banyak diproduksi secara global (Avio *et al*, 2015). Penggunaan *reference material* berasal dari berbagai bahan. Polimer PE menggunakan *scrub* lulur Purbasari dalam bentuk *beads*. Hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Leslie (2014) bahwa industri kecantikan dan kosmetik menggunakan plastik dalam beberapa jenis produknya. Pada produk kecantikan plastik diaplikasikan dalam bentuk *microbeads* dan PE sebagai bahan utamanya (Fendall & Sewell, 2009). Polimer PP berasal dari cup plastik, sesuai dengan Huppertsberg & Knepper (2018) bahwa PP sering digunakan dalam industri pengemasan. Selain itu, polimer PVC berasal dari pipa paralon serta PS dari gabus. Setelah preparasi bahan, pengukuran panjang keempat *reference material* di bawah mikroskop menunjukkan bahwa semuanya kurang dari 5000,00 μm , sehingga tergolong sebagai mikroplastik (Lusher & Peter, 2017).

Konfirmasi struktur kimia masing – masing polimer menggunakan alat FTIR. Metode FTIR *Spectroscopy* merupakan metode untuk mendeteksi struktur molekul senyawa melalui identifikasi gugus fungsi penyusun senyawa tersebut (Sulistiyani *et al*, 2017). Pada penelitian Sulistiyani *et al* (2017) dijelaskan bahwa metode spektroskopi yang digunakan dalam FTIR yaitu metode spektroskopi adsorpsi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi infra merah oleh molekul suatu materi. Berdasarkan hasil konfirmasi terhadap *reference material* menggunakan FTIR, didapatkan bahwa semua jenis *reference material* memiliki skor kemiripan diatas 600. Menurut Lusher *et al* (2013) polimer yang memiliki nilai spektrum 60% sesuai dengan jenis polimer sesungguhnya.

Pengukuran polimer PS, sebagai polimer yang paling tidak resisten sebelum dan sesudah digesti, menunjukkan bahwa larutan KOH 10% tidak merubah ukuran dan

struktur kimianya. Penetapan perubahan ukuran didasarkan pada perbedaan panjang partikel sebelum dan pasca digesti. Struktur kimia ditetapkan berdasarkan spektra FTIR.

Digesti PS dilakukan menggunakan KOH 10% pada suhu 40°C, 50°C, dan 60°C selama 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Pasca digesti dilakukan pengujian pada perubahan ukuran panjang dan konfirmasi spektra PS. Perubahan ukuran PS pada digesti suhu 40°C memiliki *range* 4,3% – 26,2%. Pada suhu 50°C *range* perubahan ukuran panjangnya sebesar 1,3% - 6,9%. Sedangkan pada suhu 60°C *range* perubahan ukuran panjangnya sebesar 0,2% - 11,7%. Selain itu nilai *recovery rate* yang dihasilkan pada masing – masing suhu digesti PS memiliki nilai yang tinggi, yaitu diatas 70%. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa metode digesti PS tergolong optimal karena partikel PS tidak mengalami perubahan ukuran (panjang yang tidak signifikan) dan menghasilkan *recovery rate* yang tinggi.

Hasil konfirmasi menggunakan FTIR, menunjukkan tingkat kemiripan yang tinggi, diatas 800, untuk semua perlakuan suhu dan waktu digesti. Menurut Lusher *et al* (2013) angka kemiripan 60% menunjukkan kesesuaian struktur kimia dengan polimer sesungguhnya. Dengan demikian, penggunaan KOH 10% dapat dipastikan tidak merusak struktur kimia *reference material* PS sehingga dapat digunakan sebagai standar internal dalam analisis selanjutnya.

4.1.2. Optimalisasi Digesti Ikan Bandeng dengan Pelarut KOH 10%

Dari hasil optimasi digesti tersebut akan diperoleh satu kondisi digesti terbaik ditentukan berdasarkan kejernihan larutan digesti. Berdasarkan optimasi digesti yang dilakukan pada sampel ikan bandeng dengan larutan KOH 10%, diperoleh hasil bahwa pada suhu 50°C selama 3 hari (72 jam) merupakan kondisi digesti terbaik. Hal ini dikarenakan, pada suhu dan waktu tersebut seluruh GIT ikan bandeng terdigesti sempurna dan larutan yang dihasilkan jernih. Hasil optimasi digesti tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Karami *et al* (2016) yang merekomendasikan penggunaan KOH 10% dan suhu 50°C berdasarkan *digestion efficiency* pada digesti jaringan ikan.

4.2. Penelitian Utama

Waktu digesti optimal pada penelitian utama ternyata berbeda dari hasil penelitian pendahuluan. Jaringan GIT ikan bandeng tidak bisa terdigesti sempurna pada waktu 72 jam. Kemudian, dilakukan observasi kembali dan jaringan dapat terdigesti sempurna pada suhu 50°C selama 120 jam (5 hari). Perbedaan hasil tersebut kemungkinan dikarenakan oleh beberapa faktor antara lain kondisi GIT ikan yang digunakan (bersih atau tidaknya sampel GIT ikan), banyak atau tidaknya isi dari GIT ikan, kondisi segar (*fresh*) atau tidaknya GIT ikan, perbedaan berat ikan dan berat GIT ikan, dsb.

Kondisi GIT ikan bandeng yang tidak bersih (terdapat kotoran hasil pencernaan makanannya) membuat proses digesti menjadi lebih lama dan sulit untuk mendigesti seluruhnya. Sehingga kotoran tersebut tidak dapat terdigesti sempurna dan mengakibatkan larutan hasil digesti tidak dapat jernih sempurna (sedikit keruh). Sedangkan kondisi tersebut tidak bisa dikontrol sebelum dilakukan pembedahan karena hal tersebut tidak diketahui saat pembelian ikan. Berdasarkan kondisi tersebut maka, metode digesti yang dipilih untuk mendigesti GIT ikan bandeng adalah penggunaan larutan KOH 10% bersuhu 50°C selama 5 hari (120 jam).

4.2.1. *Recovery* Standar Internal pada Sampel Ikan Bandeng

Pasca digesti keempat jenis polimer standar internal setiap partikel dihitung kembali untuk mendapatkan *recovery rate*. Nilai tersebut penting untuk memastikan tingkat pemulihan jumlah partikel standar internal pasca digesti (Jin-Feng *et al.*, 2018). *Recovery rate* menunjukkan apakah metode digesti yang diterapkan merusak atau mempertahankan jumlah partikel yang ditambahkan.

Recovery rate standar internal dalam sampel ikan bandeng dari yang terkecil ke terbesar adalah 36%, 62%, 72%, dan 88% (PP<PE<PS<PVC). *Recovery rate* terendah didapatkan oleh polimer PP. Rendahnya *recovery rate* tersebut kemungkinan ditentukan oleh nilai densitasnya sebesar 0,90 – 0,92 kg/m³ (Brate *et al.*, 2017). Densitas tersebut lebih rendah dibandingkan PE (0,91 – 0,94 kg/m³). Densitas atau masa jenis yang kecil memiliki sifat fisik yang sangat ringan. Sifat tersebut menjadi kelemahan standar

internal jenis PP dimana saat proses pemindahan partikel ke dalam *beaker glass* atau wadah lainnya menjadi rentan hilang dan sulit dikendalikan.

Polimer PP dan PE memiliki nilai *recovery rate* yang lebih kecil dibandingkan PS dan PVC, hal ini dikarenakan ukuran bahan yang dimiliki keduanya. Ukuran cup plastik dan *scrub* lujur yang telah dipreparasi lebih kecil dibandingkan dengan ukuran serpihan pipa paralon dan gabus. Sehingga sulit untuk melakukan perhitungan jumlah polimer pasca digesti. Sedangkan nilai *recovery rate* terbesar dihasilkan oleh polimer PVC. Hal ini dikarenakan bahan serpihan atau serbuk pipa paralon yang digunakan lebih mudah terlihat secara visual dengan warna abu – abu yang dimiliki dan ukurannya paling besar dibandingkan ketiga polimer standar internal lainnya.

4.2.2. Perubahan Ukuran Standar Internal pada Sampel Ikan Bandeng

Ukuran panjang, keliling, dan luas polimer PE, PVC, dan PS mengalami perubahan menjadi lebih kecil pasca digesti. Proses digesti mengakibatkan polimer mengalami degradasi ukuran, kecuali untuk partikel PP yang rata – rata ukurannya menjadi lebih besar. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh kendala pengukuran yang terkait dengan letak, keutuhan dan bentuk partikel, serta keterbatasan observasi, seperti kesulitan menemukan fokus.

Secara keseluruhan, nilai perubahan pengukuran panjang, keliling, dan luas terbesar ditunjukkan oleh polimer PVC. Hal ini disebabkan karena serpihan pipa paralon yang digunakan memiliki ukuran yang paling besar di antara standar internal lainnya serta warna abu – abu kehitaman dan teksturnya yang keras membuat PVC lebih terlihat sehingga memudahkan dalam pengukuran. Sedangkan nilai perubahan pengukuran panjang, keliling, dan luas terkecil dimiliki oleh polimer PE. Hal ini disebabkan karena partikel yang diekstrak dari *scrub* memiliki ukuran yang paling kecil diantara standar internal lainnya. Ukuran yang sangat kecil dan warnanya yang putih membuat PE menjadi kurang terlihat sehingga pengukuran sulit dilakukan.

Tidak terdapat perbedaan yang nyata pada perubahan panjang, keliling, serta luas sebelum dan pasca digesti polimer PP, PS, dan PVC. Artinya tidak terdapat perbedaan

yang signifikan pada polimer sebelum dan pasca digesti. Akan tetapi, terdapat perbedaan yang nyata pada perubahan panjang, keliling, serta luas sebelum dan pasca digesti polimer PE.

4.2.3. Konfirmasi Standar Internal Sampel Ikan Bandeng Pasca Digesti

Identifikasi standar internal pasca digesti menggunakan alat FTIR. Menurut Lusher *et al* (2013) FTIR merupakan alat yang digunakan untuk menentukan struktur molekul melalui analisis serapan *infrared*. Dalam melakukan analisisnya didukung oleh perangkat FTIR yaitu *diamond cell*, yang menampung sampel dalam bentuk pipih sehingga mudah ditembus oleh sinar *infrared* (Lusher *et al*, 2013). Hasil dari penyerapan *infrared* tersebut akan menghasilkan spektra yang dicocokkan dengan spektra yang ada di *library* FTIR.

Terdapat dua wilayah penyerapan struktur kimia FTIR yaitu *group frequency* and *fingerprint frequency*. *Group frequency* mengkarakterisasi gugus kecil dari atom atau *functional group*, seperti contohnya OH, C = O, CH₂. Spektrumnya berkisar antara 1200 cm⁻¹ hingga 600 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi setiap molekulnya unik dalam suatu senyawa (Ramirez-Hernandez *et al.*, 2019). Oleh karena itu wilayah *group frequency* ini penting digunakan dalam mengkarakterisasi senyawa kimia suatu polimer, melalui penyerapan molekul organik dan non organik oleh sinar *infrared*. Sedangkan *fingerprint frequency* mengkarakterisasi molekul secara keseluruhan. Beberapa *functional group* akan terserap pada spektrum di bawah 1500 cm⁻¹.

Hasil identifikasi standar internal pasca digesti ditunjukkan melalui rerata, SD, dan *range* nilai tingkat kemiripan atau konfirmasi polimer dengan *library*. Pada semua jenis standar internal diperoleh nilai tingkat kemiripan diatas 600 dengan *range* 616 – 933. Rerata dan SD tertinggi diperoleh pada polimer jenis PE yaitu 869,0 ± 28,4 dengan *range* berkisar antara 820 - 915. Sedangkan rerata dan SD terendah diperoleh pada polimer jenis PVC yaitu sebesar 823,3 ± 59,6 dengan *range* berkisar antara 616 – 914. Melalui nilai tingkat kemiripan diatas 600 tersebut, dapat diketahui bahwa tidak terjadi perubahan struktur kimia pada masing – masing polimer selama digesti. Hal ini sesuai

dengan Lusher *et al* (2013) bahwa polimer yang memiliki nilai spektra 60% sesuai dengan jenis polimer sesungguhnya.

4.2.4. *Particle Suspected as Microplastic* dalam Ikan Bandeng

Berdasarkan hasil observasi menggunakan mikroskop, ditemukan PSM di dalam larutan blanko, kontrol, dan sampel ikan bandeng. PSM yang ditemukan berupa *fragment*, *fiber*, dan *film*. Ketiga jenis PSM yang ditemukan tersebut merupakan mikroplastik jenis sekunder berdasarkan asalnya. Mikroplastik sekunder tersebut ditemukan dalam sampel ikan bandeng. Hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Hildago – Ruz *et al.*, (2012) bahwa mikroplastik sekunder merupakan penyumbang utama mikroplastik di lautan. Sampah – sampah plastik yang ada di daratan akan mengendap dan bermuara di lautan. Sampah tersebut nantinya akan mengalami degradasi.

Menurut Singh & Sharma (2008) proses degradasi plastik terjadi oleh radiasi sinar *ultraviolet*, panas, mikroba, dan abrasi fisik. Maka mikroplastik sekunder berasal dari degradasi dan fragmentasi potongan plastik yang lebih besar, hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Horton *et al* (2016).

Dari ketiga jenis PSM yang ditemukan, *fragment* memiliki jumlah yang paling banyak dibandingkan *fiber* dan *film* yaitu sebanyak 327 partikel. Hal ini dikarenakan *fragment* berasal dari potongan plastik yang lebih besar seperti botol plastik, kantong plastik, dan pipa paralon. Beberapa barang tersebut paling banyak ditemukan di lingkungan laut. *Range* ukuran *fragment* berkisar antara 27,6 – 1302,1 partikel / organisme. Kemudian dihitung rerata dan SD. Nilai rerata dan SD tertinggi pada *fragment* diperoleh pada larutan blanko yaitu sebesar $1288,2 \pm 971,1$ partikel/organisme. Sedangkan rerata dan SD terendah PSM berbentuk *fragment* diperoleh pada larutan kontrol yaitu sebesar $144,8 \pm 145,3$ partikel/organisme.

PSM dengan jumlah terbesar kedua yaitu jenis *fiber*. Partikel tersebut memiliki jumlah sebesar 306 partikel. *Fiber* merupakan jenis mikroplastik sekunder memiliki bentuk tipis dan memanjang, yang berasal dari fragmentasi monofilamen tali, kain sintetis, dan jaring. PSM berbentuk *fiber* memiliki jumlah terbesar kedua dikarenakan adanya

sampah berupa jaring bekas penangkapan ikan di laut. *Range* ukuran *fiber* berkisar antara 76,1 – 6212,9 partikel/organisme. Kemudian *fiber* tersebut diukur rerata dan SD. Nilai rerata dan SD terbesar pada jenis *fiber* diperoleh pada sampel blanko yaitu sebesar $1288,2 \pm 971,1$ partikel/organisme. Sedangkan nilai rerata dan SD terendah jenis *fiber* diperoleh pada sampel yang ditambahkan PS yaitu sebesar $996,5 \pm 616,4$ partikel/organisme.

PSM dengan jumlah terkecil didapatkan pada jenis *film* yaitu sebesar 12 partikel. Hal ini dikarenakan *film* berasal dari pecahan plastik yang sangat tipis seperti dijumpai pada kemasan makanan seperti yang disampaikan oleh Horton *et al* (2016). Hasil degradasi plastik yang berasal dari kemasan makanan sangat jarang ditemukan pada laut karena proses degradasi kemasan plastik tersebut membutuhkan waktu yang sangat lama. Hal ini dikarenakan plastik memiliki sifat kuat, tahan lama, tahan terhadap korosi, elektik, dan suhu tinggi. Hal tersebut sesuai dengan yang disampaikan oleh Thompson *et al* (2009). *Range* ukuran *film* berkisar antara 90,6 – 1542,5 partikel/organisme. Kemudian PSM berbentuk *film* diukur rerata dan SD. Nilai rerata dan SD tertinggi diperoleh pada sampel yang ditambahkan PS yaitu sebesar $865,9 \pm 673,0$ partikel/organisme. Sedangkan nilai rerata dan SD terendah diperoleh pada sampel yang ditambahkan PE yaitu sebesar $211,1 \pm 127,3$ partikel/organisme.

4.2.5. Implikasi Toksikologis dan Keamanan Pangan

Plastik merupakan sesuatu yang sulit mengalami degradasi dan dapat menimbulkan bahaya bagi lingkungan dan organisme lain. Degradasi plastik membutuhkan waktu yang sangat lama sehingga mikroplastik berpotensi bertahan lama di lingkungan laut (Hildago-Ruz *et al.*, 2012). Semakin lama waktu mikroplastik berada di lingkungan laut, maka akan semakin besar pula bahaya yang ditimbulkan. Bahaya yang ditimbulkan oleh plastik antara lain disebabkan oleh komponen material plastik itu sendiri, komposisi kimia, dan penyerapan senyawa kimia di lingkungan (seperti bioakumulasi senyawa persisten dan beracun (PBTs) serta logam) (Rochman *et al*, 2013). Setelah senyawa kimia tersebut terserap, polutan ditransfer ke organisme (Hildago-Ruz *et al.*, 2012). Bahaya mikroplastik yang mungkin timbul di lingkungan laut dapat berasal dari PSM dengan berbagai sumber dan komponennya serta jenis plastik yang paling mudah

mengalami degradasi. PSM yang ditemui dalam penelitian ini yaitu berbentuk *fragment*, *fiber*, dan *film*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa distribusi mikroplastik memiliki perbedaan spasial yang besar (Jin-Feng *et al.*, 2018). Ketiganya berasal dari berbagai bahan dan memiliki komponen penyusun yang berbeda – beda.

Jumlah PSM terbesar dalam penelitian ini yaitu *fragment*. *Fragment* merupakan bentuk mikroplastik yang berasal dari potongan atau penguraian plastik berukuran besar, seperti botol plastik, pipa paralon, kantong plastik, dan sebagainya. Botol plastik biasanya terbuat dari PET, HDPE, dan LDPE. Dalam pembuatannya, digunakan bahan trimoni oksida. Bahan tersebut berbahaya bagi manusia terutama saat menghirupnya karena dapat menyebabkan iritasi pernafasan serta kulit (Nurhenu, 2013). Pipa paralon terbuat dari bahan PVC. Bahaya yang ditimbulkan oleh PVC saat dibakar yaitu dapat mengeluarkan racun (Nurhenu, 2013).

Jumlah PSM terbesar kedua yaitu *fiber*. *Fiber* merupakan mikroplastik sekunder yang berasal dari fragmentasi monofilamen jaring, kain sintetis, dan tali. Bahan tersebut terbuat dari berbagai jenis plastik. Jaring dan tali terbuat dari nilon (poliamid) dan PP serta kain sintetis terbuat dari resin poliester dan poli(etilen terptalat) (GESAMP, 2015). Jenis plastik tersebut memiliki bahaya dan dampaknya bagi kesehatan manusia melalui sifat kimia dan fisiknya. Poliester merupakan polimer yang tidak tahan terhadap suhu tinggi sehingga mudah terbakar dan menimbulkan efek yang tidak baik bagi kesehatan serta menimbulkan iritasi bagi kulit karena tidak dapat meresap keringat dengan baik. Poliamida (nilon) memiliki tingkat penyerapan air yang tinggi, mudah mengalami perubahan warna sehingga warna tersebut dapat mencemari dan berbahaya bagi lingkungan, dan sulit dilakukan perbaikan.

Jenis PSM lainnya yang ditemukan yaitu berbentuk *film*. *Film* berasal dari pecahan plastik yang sangat tipis dan dijumpai pada kemasan makanan (Horton *et al.*, 2016). Kemasan makanan terbuat dari bahan LDPE dan PVC. Kemasan makanan yang terbuat dari PVC memiliki bahaya yang dapat ditimbulkan dari adanya kandungan DEHA di dalamnya. DEHA dapat bocor dan masuk ke dalam makanan saat dipanaskan, serta menyebabkan gangguan ginjal, hati, merusak sistem reproduksi, merusak kromosom

yang menyebabkan janin cacat, karsinogenik, dan penurunan berat badan (Nurhenu, 2013). Selain itu kemasan yang terbuat dari LDPE. Jenis LDPE memiliki sifat mekanis antara lain kuat, fleksibel, permukaan agak berlemak, agak tembus cahaya, di bawah suhu 60°C resisten terhadap senyawa kimia, daya proteksinya baik terhadap uap air, kecuali gas lain seperti oksigen (Nurhenu, 2013).

Diantara keempat polimer standar internal yang digunakan, PE memiliki degradasi ukuran yang paling besar diantara polimer lainnya. PE merupakan polimer dengan komponen terbesar pada produksi plastik global (29%) yang memiliki afinitas paling besar terhadap kontaminan organik daripada polimer lainnya (Rochman *et al*, 2013). Polimer PE dapat ditemukan dalam berbagai produk komestik (seperti *scrub* lulur, sabun, pasta gigi dan sebagainya), kemasan, dan kantong plastik.

Proses degradasi yang besar menunjukkan bahwa polimer tersebut mudah terurai dan menyebabkan besarnya potensi masuk ke dalam jaringan *seafood*. Menurut Hermsen *et al* (2018) partikel mikroplastik yang tertelan dapat mengganggu mekanisme fisik dan kimia jaringan *seafood*. Kerusakan fisik yang terjadi pada organisme menyebabkan penyumbatan dan luka pada jaringan internal organisme (Wright *et al*, 2013). Sifat fisik dan kimia PE tersebut dapat meningkatkan bahaya keamanan pangan bagi organisme yang terpapar mikroplastik.

Besarnya bahaya yang ditimbulkan oleh keberadaan mikroplastik di laut membuat rendahnya tingkat keamanan pangan bagi manusia dan organisme laut di dalamnya. Sehingga harus segera dilakukan tindakan pencegahan. Akan tetapi tindakan pencegahan belum dapat dilakukan karena belum terdapat analisis risiko dan bahaya toksikologis yang jelas mengenai dampak mikroplastik bagi organisme laut dan manusia. Hal tersebut dikarenakan belum adanya protokol standar mengenai analisis mikroplastik. Oleh karena itu, penting untuk dilakukan penjaminan mutu. Penjaminan mutu yang dilakukan salah satunya melalui penggunaan *reference material* sebagai standar internal dalam penelitian ini.

Reference material akan digunakan dalam analisis dan berfungsi sebagai standar internal. *Reference material* merupakan suatu bahan yang sengaja ditambahkan ke dalam sampel dan telah dideteksi keberadaannya (ukuran, jenis, warna, dan parameter lain) sebelum dan pasca perlakuan untuk dilihat perubahannya. Standar internal berfungsi dalam meningkatkan akurasi hasil pengukuran atau analisis. Keakuratan hasil pengukuran dapat ditunjukkan melalui tingginya nilai *recovery rate* dan perubahan yang tidak signifikan. Semakin akurat hasil yang diperoleh, maka keberadaan mikroplastik dalam jaringan *seafood* tertentu semakin lebih jelas teridentifikasi. Dengan begitu, protokol standar analisis mikroplastik dapat diperoleh. Sehingga, penjaminan mutu dapat dilakukan karena risiko keamanan pangannya dapat dipertanggungjawabkan.

