

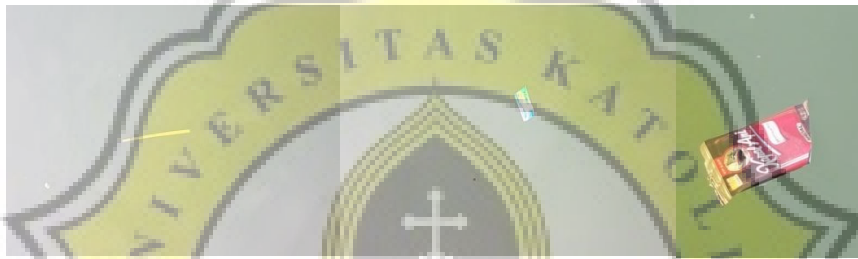
1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah lautan adalah berbagai macam jenis barang yang dibuat dan telah digunakan oleh manusia, yang kemudian dibuang ke sungai, laut, ataupun pantai yang kemudian tersebar di lautan. Salah satu jenis sampah lautan yang paling dominan di seluruh dunia adalah plastik. Sampah plastik yang masuk ke lautan memiliki ukuran yang bervariasi mulai dari ukuran mikrometer hingga meter. Sampah plastik yang memiliki ukuran diameter kurang dari 5 mm tergolong sebagai mikroplastik (Arthur *et al.*, 2009). Material plastik memiliki sifat yang sulit terdegradasi secara alami dan cenderung tersuspensi ataupun mengapung diatas air laut (OSPAR, 2007). Degradasi plastik yang sangat lama dan terus meningkatnya jumlah sampah plastik yang dibuang ke laut akan menyebabkan akumulasi mikroplastik di lautan. Berdasarkan penelitian oleh Jambeck *et al.* (2015), Indonesia berada pada urutan ke-2 sebagai penghasil sampah plastik di laut yaitu 0,48-1,29 juta ton/tahun.

Salah satu cara masuknya mikroplastik ke dalam rantai makanan di lautan adalah melalui hewan *filter feeder* seperti bivalvia (Browne *et al.*, 2008). Bivalvia adalah salah satu sumber makanan yang populer di kota pesisir seperti Semarang. Salah satu jenis bivalvia yang banyak dijumpai dan digemari untuk dikonsumsi di Kota Semarang adalah kerang hijau (*Perna viridis*). Kerang hijau mendapatkan makanan dengan cara menyedot air laut yang mengandung partikel dan nutrisi. Perairan Tambak Lorok, Semarang sendiri memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. Perairan ini mengandung nutrisi yang tinggi karena limbah organik dan anorganik rumah tangga dan juga industri, hal ini didukung dengan observasi lapangan bahwa air laut berwarna kehijauan keruh atau kaya akan mikroalga (yang pertumbuhannya berhubungan dengan tingkat nutrisi dalam air). Kondisi habitat yang memiliki limbah bernutrien tinggi sangat cocok bagi pertumbuhan kerang hijau, sehingga lokasi perairan Tambak Lorok dijadikan tempat budidaya kerang hijau. Akan tetapi selain kaya nutrisi organik, perairan Tambak Lorok juga mengandung banyak kontaminan anorganik seperti logam berat (Triantoro *et al.*, 2017) dan juga sampah-sampah plastik. Sampah plastik yang ditemukan di lokasi bervariasi dari ukuran besar hingga sangat kecil. Di sekitar lokasi pengambilan sampel,

air tampak keruh dan terdapat partikel sampah plastik tersuspensi. Kondisi perairan Tambak Lorok dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pencemaran Sampah Plastik di Dermaga dan Lepas Dermaga Tambak Lorok (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Kota Semarang merupakan kota pesisir utara Jawa yang menghasilkan jumlah sampah terbanyak ke-4 di Indonesia. Pada tahun 2017, diperkirakan Kota Semarang menghasilkan sebanyak 5.163,72 m³ sampah setiap harinya. Dari jumlah tersebut, hanya sebanyak 88% yang terangkut (BPS, 2018) dan 12% lainnya kemungkinan besar dibuang ke badan air dan akhirnya berakhir di laut. Penelitian dari Van Cauwenberghe *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa pada garis pantai Perancis hingga Belanda (negara Eropa dengan pengelolaan sampah plastik yang cukup baik) terdapat mikroplastik di dalam *bivalvia* pada area garis pantainya, kemungkinan besar kerang hijau di pesisir kota Semarang juga tercemar mikroplastik. Dugaan ini juga didukung dengan observasi lapangan yang telah dilakukan bahwa memang terdapat sangat banyak sampah plastik utuh maupun tidak utuh yang terapung maupun tersuspensi pada air di perairan sekitar Tambak Lorok, Semarang. Oleh karena itulah penelitian ini sangat penting untuk dilakukan karena dapat membuktikan apakah dugaan tersebut benar dan dapat mengetahui tingkat cemaran mikroplastik yang terjadi pada kerang hijau hasil marikultur di perairan Tambak Lorok, Semarang.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Plastik dan Limbahnya

Plastik adalah istilah yang pertama kali muncul pada tahun 1630, yang artinya adalah suatu bahan yang dapat dicetak ataupun dibentuk. Namun kini, plastik menjadi suatu sebutan generik untuk mendeskripsikan berbagai jenis material. Material plastik tersusun dari molekul berantai yang disebut polimer. Polimer berarti adalah susunan dari monomer yang mampu membentuk rantai panjang melalui proses polimerisasi. Salah satu contoh plastik yang umum adalah polimer polietilen (PE) yang terdiri dari banyak monomer etilen. Rantai polimer yang terdiri dari monomer yang sama disebut homopolimer, sedangkan polimer yang terdiri dari monomer yang berbeda-beda disebut kopolimer (Crawford & Quinn, 2017).

Secara umum, plastik dikategorikan menjadi 2 jenis, yaitu plastik *thermosetting* dan termoplastik. Plastik *thermosetting* pada umumnya berbentuk permanen dan tidak dapat dilelehkan atau dibentuk kembali, sehingga sulit didaur ulang (contohnya *polyimide* dan bakelit). Sedangkan, termoplastik yang lebih banyak diproduksi memiliki sifat dapat dipanaskan hingga meleleh dan dibentuk menjadi bentuk yang baru, oleh karena itu banyak diantaranya mudah didaur ulang. Jenis termoplastik polietilen tereftalat (PET) adalah jenis plastik yang paling banyak didaur ulang di dunia (Wu *et al.*, 2014).

Berdasarkan data pada tahun 2014, produsen plastik terbesar di dunia adalah RRC, Eropa, dan Amerika Utara dengan proporsi 26%, 20%, 19%. Jenik plastik yang memiliki permintaan tertinggi adalah polietilen (PE) dan polipropilen (PP) (PlasticsEurope, 2015). Hingga 2015, konsumsi plastik dunia telah mencapai angka 300 juta ton (Muenmee *et al.*, 2015). Dari seluruh material plastik yang diproduksi tiap tahunnya, 33% diantaranya adalah plastik yang tidak dapat digunakan kembali dan umumnya dibuang 1 tahun setelah diproduksi. Dari seluruh plastik yang pernah diproduksi di dunia, diperkirakan 10% diantaranya telah berakhir di lautan (Laglbauer *et al.*, 2014). Menurut perkiraan, hingga tahun 2015 sudah terdapat 150 juta ton plastik di lautan dan setiap tahunnya sebanyak 8 juta ton plastik masuk ke lautan. Bila tidak ada aksi represif yang dilakukan, diperkirakan pada tahun 2030 jumlah plastik yang masuk ke lautan setiap tahunnya akan naik menjadi 16 juta ton, dan menjadi 32 juta ton pada

tahun 2050. Pada tahun 2050 juga diperkirakan jumlah plastik sudah akan melebihi jumlah ikan di lautan, yaitu lebih dari 800 juta ton (Neufeld *et al.*, 2016).

Berdasarkan penelitian oleh Jambeck *et al.* (2015), Indonesia berada pada urutan ke-2 sebagai penghasil sampah debris plastik di laut yaitu dengan angka 0,48-1,29 juta ton/tahun. Kota Semarang sendiri sebagai Kota pesisir setiap harinya menghasilkan volume sampah sebesar 5.163,72 m³ (BPS, 2018). Berdasarkan kajian HOTSPOT Sampah Laut Indonesia oleh World Bank Group (2018), komposisi sampah Kota Semarang terdiri dari berbagai macam jenis dan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Sampah Kota Semarang (World Bank Group, 2018)

Kategori	Persentase (%)
Popok	10,2
Sampah organik lain	54,2
Gelas, logam, bahan lembam	0,2
Botol plastik	0,6
Gelas plastik	1,3
Kantong plastik	14,0
Kemasan plastik	17,1
Plastik lainnya	2,4
% Plastik	35,3

Berdasarkan Tabel 1., diketahui bahwa sampah plastik berkontribusi cukup besar dari seluruh sampah yang dihasilkan di Kota Semarang yaitu sebesar 35.3%. Pada tahun 2017 berdasarkan BPS (2018), persentase sampah yang terangkut di Kota Semarang adalah 88% dan besar kemungkinan 12% dari total sampah yang tidak terangkut berakhir di badan air (contoh : sungai dan selokan) hingga akhirnya berakhir di laut, termasuk pesisir Tambak Lorok.

Material plastik yang menjadi limbah di lautan memiliki sifat yang sulit terdegradasi secara alami menjadi unsur penyusunnya dan cenderung tersuspensi ataupun mengapung diatas air laut (OSPAR, 2007). Ketika plastik masuk ke ekosistem laut, ada beberapa faktor degradatif yang dapat terjadi. Efek dari faktor degradatif tersebut terhadap integritas dari sampah lastik tergantung dengan sifat fisikokimia dari plastik itu sendiri. Beberapa plastik memiliki sifat yang lebih kuat dan juga ada yang lebih lemah

sehingga mudah terpecah, bahkan ada polimer yang bersifat *biodegradable*. Plastik yang sangat kuat akan memakan waktu ratusan hingga ribuan tahun untuk terdegradasi menjadi senyawa-senyawa penyusunnya (Crawford & Quinn, 2017). Degradasi senyawa plastik yang sangat lama dan ditambah dengan kenaikan sampah plastik dunia akan menyebabkan akumulasi sampah plastik dan mikroplastik di lautan seluruh dunia.

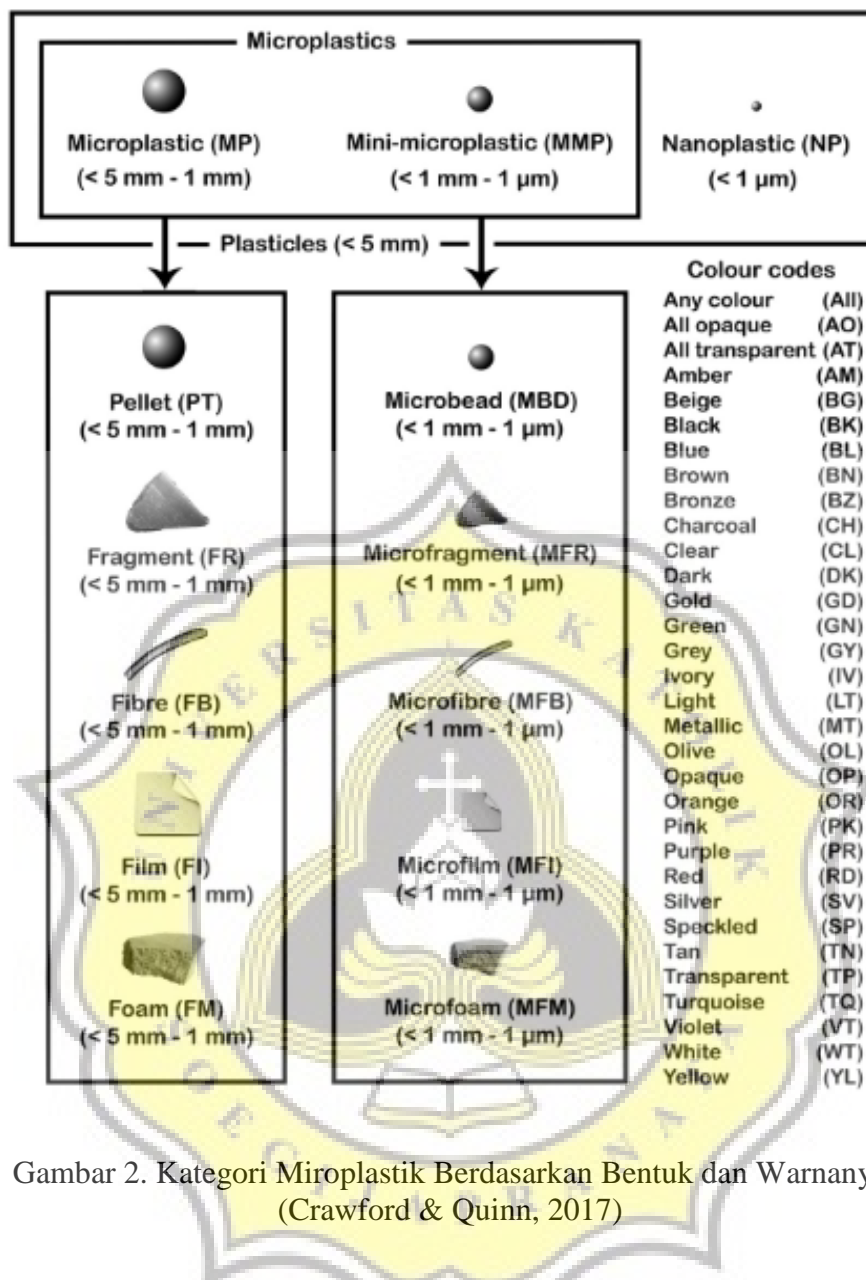
1.2.2. Mikroplastik

Mikroplastik adalah definisi untuk fragmen atau potongan kecil plastik yang memiliki ukuran kurang dari 5 mm (GESAMP, 2015). Penelitian Browne *et al.* (2011) telah menyebutkan bahwa seluruh garis pantai benua yang ditinggali oleh manusia telah tercemar mikroplastik. Mikroplastik yang ditemukan di lautan sangat bervariasi bentuk, densitas, warna, dan ukurannya. Sebagian besar mikroplastik adalah hasil pemecahan dari produk plastik yang lebih besar (contoh : hancurnya kantong plastik, tali nilon yang getas, dsb.) akan tetapi juga ada mikroplastik yang dengan sengaja diproduksi seperti *beads* pada kosmetik dan sabun, *beads* pada pasta gigi, dan sebagainya. Mikroplastik dari hasil pemecahan produk plastik yang lebih besar disebut mikroplastik sekunder, sedangkan mikroplastik yang sengaja dibuat disebut mikroplastik primer (Crawford & Quinn, 2017). Mikroplastik sekunder dapat terbentuk karena potongan plastik yang lebih besar mengalami pemecahan akibat paparan sinar matahari, oksidasi, abrasi fisik akibat ombak, arus, dan juga akibat hewan laut (Zettler *et al.*, 2013). Mikroplastik primer cenderung memiliki bentuk yang “*industrial*” atau mirip seperti saat diproduksi, sedangkan mikroplastik sekunder cenderung memiliki bentuk yang berbeda-beda sehingga lebih sulit dikategorikan (Crawford & Quinn, 2017). Beberapa jenis umum polimer plastik pencemar lingkungan dan densitasnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis Polimer, Densitas, dan Contoh Pemanfaatannya (Brate *et al.*, 2017 & Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012)

Jenis Polimer	Densitas (g/cm ³)	Pemanfaatan
<i>Polyethylene</i> (PE)	0,91-0,94	Tas, botol, dan alat pancing
<i>Polypropylene</i> (PP)	0,90-0,92	Tali dan tutup botol
<i>Styrene-butadiene/ styrene-butadiene rubber</i> (SBR)	0,94	Atap dan ban kendaraan
Air murni	1,00	-
<i>Expanded polystyrene</i> (EPS)	0,96-1,05	Kotak umpan pancing, pelampung, dan kemasan
Air laut	1,02-1,029	-
<i>Polystyrene</i> (PS)	1,04-1,09	Perkakas dan kemasan
<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i> (ABS)	1,03-1,11	Elektronik dan <i>interior</i> mobil
<i>Acrylic</i>	1,09-1,20	Tekstil dan cat
<i>Poly vinyl chloride</i> (PVC)	1,16-1,30	Pelampung dan alat pancing
<i>Polyamide</i> atau <i>nylon</i> (PA)	1,13-1,15	Tali pancing dan tekstil
PUR	1,2	Insulasi
<i>Cellulose acetate</i> atau <i>Rayon</i>	1,22-1,24	Tekstil dan filter rokok
<i>Polyethylene tetrphalate</i> (PET)	1,34-1,39	Botol dan plastik sekali pakai
<i>Polyester resins</i>	>1,35	Tekstil
<i>Polytetrafluoroethylene</i> (PTFE) atau teflon	2,2	Insulasi

Densitas mikroplastik yang ada di lautan dapat dipengaruhi oleh faktor seperti *biofouling* atau tumbuhnya massa biologis pada permukaan mikroplastik, akibatnya densitas dari mikroplastik akan meningkat. Efek *biofouling* dapat menyebabkan mikroplastik tersuspensi pada kolom air laut hingga bahkan terendapkan pada dasar laut (Crawford & Quinn, 2017). Beberapa contoh variasi dan jenis mikroplastik yang umum ditemui dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kategori Mikroplastik Berdasarkan Bentuk dan Warnanya (Crawford & Quinn, 2017)

Ukuran mikroplastik yang sangat kecil membuatnya sangat mudah untuk masuk dalam rantai makanan di ekosistem laut. Salah satu jalur masuknya mikroplastik ke dalam rantai makanan di ekosistem laut adalah melalui hewan *filter feeder* seperti bivalvia. Mikroplastik yang masuk atau tidak sengaja termakan oleh bivalvia beberapa diantaranya dapat dikeluarkan kembali, tetapi beberapa akan bertahan di dalam tubuh bivalvia setelah proses ingesti (Browne *et al.*, 2008).

Mikroplastik yang masuk ke dalam rantai makanan ekosistem laut memiliki potensi bahaya kesehatan, karena mikroplastik mengakumulasi atau mengikat berbagai senyawa

kimia berbahaya seperti *dichlorodiphenyltrichloroethane* (DDT), *polychlorinated biphenyl* (PCB), dan *polybrominated diphenyl ether* (PBDE) dari air laut (Ogata *et al.*, 2009), dimana proses tersebut bersifat reversible dan dapat dilepaskan kembali ketika dicerna dalam tubuh (Teuten *et al.*, 2009). Kecepatan mekanisme transfer senyawa berbahaya atau proses desorpsi pada mikroplastik ke dalam tubuh ini dipengaruhi oleh jenis polimer, kontaminan, kondisi dalam tubuh organisme, pH, dan juga temperatur (Bakir *et al.*, 2014). Selain menyerap polutan kimia dari air laut, plastik sendiri telah mengandung banyak aditif kimia yang berpotensi membahayakan kesehatan. Beberapa aditif yang umum ditambahkan pada plastik adalah *phthalate* (untuk membuat lebih fleksibel dan kuat), *bisphenol-A* (BPA), *flame retardant*, dan *Nonylphenol* (NPE) (Lusher *et al.*, 2017)

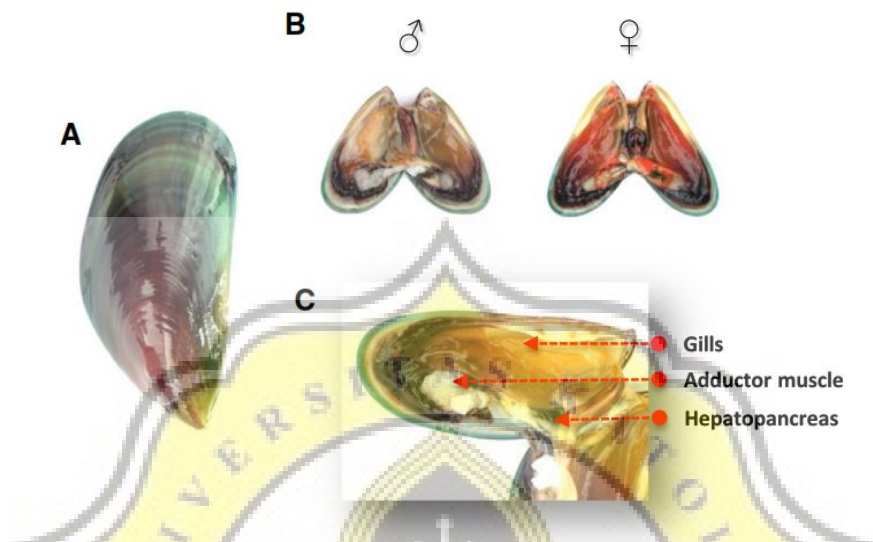
Salah satu metode paling sederhana untuk mengidentifikasi mikroplastik yang telah dipulihkan dari sampel adalah dengan cara identifikasi visual. Identifikasi visual sangat menguntungkan karena tidak memerlukan instrumen identifikasi yang mahal, akan tetapi membutuhkan waktu yang cukup lama. Dalam metode identifikasi visual, juga akan ada komponen subjektivitas dan bias tergantung oleh pengamatnya. Kriteria umum untuk identifikasi mikroplastik adalah:

- Partikel yang diamati tidak memiliki struktur organik maupun struktur sel (bila ada kemungkinan bisa jadi *algae* ataupun *zooplankton*)
- Ketika ditemukan partikel berbentuk *fiber*, pastikan bentuknya lurus dan tidak tertekuk secara 3 dimensi. Apabila *fiber* tidak lurus, kemungkinan partikel tersebut merupakan material biologis
- Partikel yang diamati harus jelas dan warnanya tidak bervariasi.
- Partikel berwarna bening, *opaque*, dan putih sebaiknya memerlukan magnifikasi yang lebih tinggi untuk memastikan bukan merupakan material biologis (contohnya antena *zooplankton*, serpihan sisik, dsb.) (Crawford & Quinn, 2017).

1.2.3. Kerang Hijau (*Perna viridis*)

Salah satu bivalvia yang hidup di ekosistem lautan adalah kerang hijau (*Perna viridis*). Kerang hijau (*Perna viridis*) adalah hewan moluska bivalvia (memiliki 2 cangkang) yang memiliki habitat hidup di zona laut litoral. Kerang ini dapat ditemui pada

kedalaman 1 meter hingga 7 meter dibawah permukaan laut dan cenderung toleran terhadap perubahan salinitas air laut. kerang hijau sendiri dapat ditemukan secara luas di perairan Indonesia pada daerah pesisir, hutan *mangrove*, maupun muara sungai (Cappenberg, 2008). Morfologi kerang hijau dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Morfologi Kerang Hijau (*Perna viridis*). (A) Morfologi eksternal, (B) Morfologi internal, (C) Bagian jaringan lunak yang mengandung insang, otot, dan hepatopankreas (Leung *et al.*, 2014)

Kerang hijau memiliki insang berlapis-lapis dan merupakan *filter feeder* atau hewan yang mendapatkan makanan dengan cara menyedot air laut yang mengandung partikel dan nutrisi. Cara hidup kerang hijau sebagai *filter feeder* non-selektif sangat berpotensi menyebabkan akumulasi mikroplastik pada bagian pencernaannya karena segala jenis partikel tersuspensi yang cukup kecil (termasuk mikroplastik) masuk ke dalam saluran pencernaannya akan dimakan. Banyak penelitian di seluruh belahan dunia yang telah menunjukkan tentang keberadaan mikroplastik dalam berbagai jenis kerang. Hasil dari beberapa penelitian yang telah dilakukan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penelitian Mikroplastik pada Bivalvia di Seluruh Dunia

Lokasi	Organisme	Jumlah Mikroplastik	Keragaman Mikroplastik	Referensi
Jerman (<i>Mussel Farm</i>)	Blue Mussel (<i>Mytilus edulis</i>)	0,36 ± 0,07 partikel/g jaringan lunak (berat basah)	Warna yang dominan adalah merah dan biru	(Van Cauwenberghe & Janssen, 2014)

Tabel 3 . Penelitian Mikroplastik pada Bivalvia di Seluruh Dunia (Lanjutan)

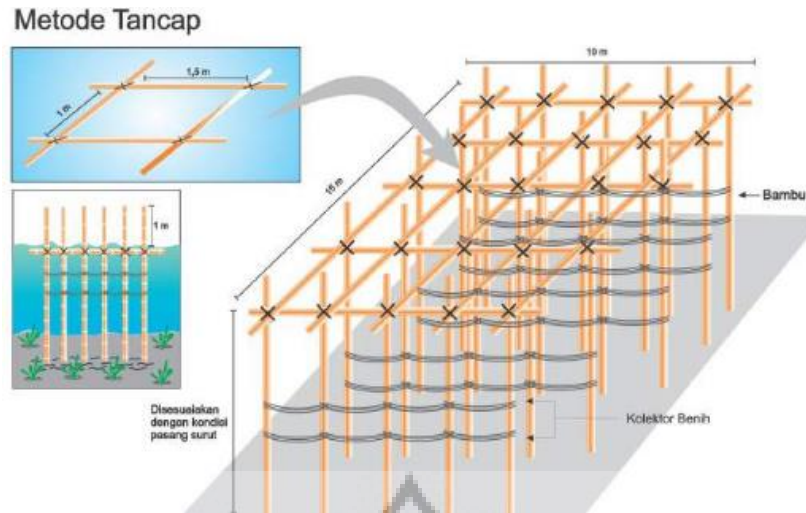
Lokasi	Organisme	Jumlah Mikroplastik	Keragaman Mikroplastik	Referensi
Halifax Harbor, Canada	Blue Mussel (<i>Mytilus edulis</i>) liar dan hasil budidaya	170 partikel/5 kerang (liar) dan 375 partikel/5 kerang (budidaya)	Warna bervariasi	(Mathalon & Hill, 2014)
China	Berbagai macam bivalvia	4,3 – 57,2 partikel/individu	Warna yang dominan adalah hitam, biru, putih, merah, dan bening	(Li <i>et al.</i> , 2015)
Pesisir Perancis	Blue Mussel (<i>Mytilus edulis</i>)	0,61 ± 0,56 partikel/individu	Ukuran mayoritas (50%) berkisar pada ukuran 50-100 µm	(Phuong <i>et al.</i> , 2017)
Pesisir China	Blue Mussel (<i>Mytilus edulis</i>) dan <i>Perna viridis</i>	0,77 – 8,22 partikel/individu	Bentuk partikel yang paling umum adalah fiber, diikuti fragmen dan beads	(Qu <i>et al.</i> , 2018)
Pasar di Semarang, Indonesia	Kerang hijau (<i>Perna viridis</i>)	Rata-rata 11,12±2,98 partikel/organisme	Ditemukan bentuk fragmen, film, sphere, dan fiber	(Nurulchusna, 2018)

1.2.4. Budidaya Kerang Hijau

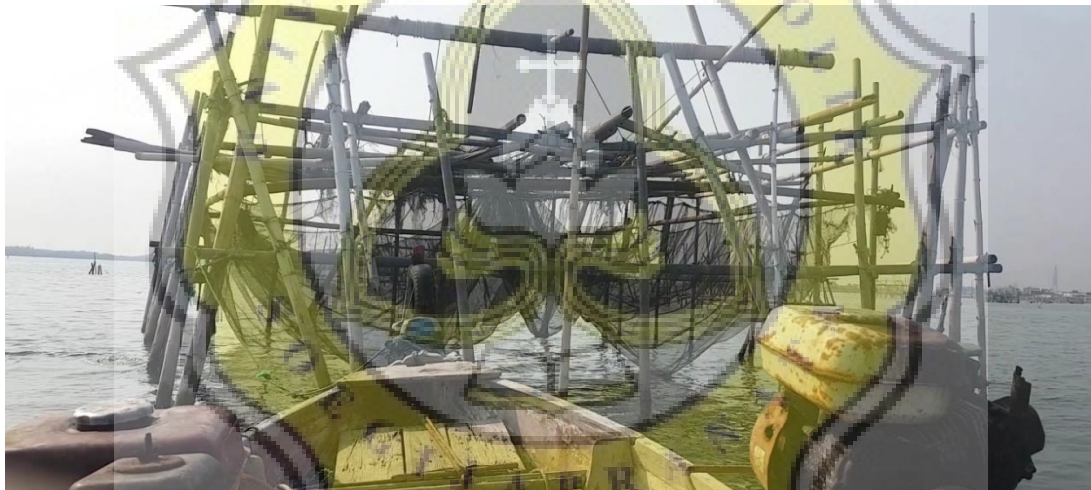
Kerang hijau adalah salah satu sumber daya perikanan yang mudah dibudidayakan, dimana kerang hijau mampu bertahan hidup dan berkembang biak pada kondisi lingkungan yang kurang baik dan tanpa pemberian pakan. Pada umumnya dapat hidup pada daerah perairan muara, hutan *mangrove*, dan teluk berkadar garam sedang. Adapun, faktor-faktor ekologis lingkungan perairan yang perlu dipertimbangkan adalah dari aspek fisika, kimia, dan biologi (WWF Indonesia, 2015). Aspek kimia yang perlu diperhatikan adalah salinitas (27-34 ppt), nilai pH (6-8), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), ammonia, nitrit, nitrat, cemaran logam, dan bahan-bahan polutan lain. Dari aspek biologi, perlu diperhatikan jumlah dan keragaman *zooplankton*, fitoplankton serta, keberadaan mikroorganisme patogen. Sedangkan dari

segi fisika, perlu diperhatikan kecerahan air (3,5 - 4 meter), suhu (26-31 °C), warna, kekeruhan, bau, kepadatan tersuspensi, serta benda terapung (WWF Indonesia, 2015). Keberadaan mikroplastik maupun sampah plastik pada perairan dapat digolongkan dalam aspek fisik, yaitu benda terapung. Seharusnya parameter benda terapung adalah nihil berdasarkan identifikasi visual (WWF Indonesia, 2015). Kemudian, hal lain yang juga harus diperhatikan adalah kandungan lumpur, dimana lumpur yang berlebihan dapat menyebabkan kematian kerang hijau (WWF Indonesia, 2015).

Penanaman kerang hijau di perairan Tambak Lorok adalah dengan cara mengikat koloni kerang hijau dengan jaring pada keramba bambu tancap pada kedalaman 1-2 meter dibawah permukaan laut. Pada perairan Tambak Lorok, penancapan bambu dilakukan pada kedalaman hingga 3,5 meter. Hal ini sesuai dengan rekomendasi WWF Indonesia (2015) bahwa penancapan bambu sebaiknya dilakukan pada perairan dangkal (kedalaman kurang dari 4 meter). Keramba bambu tancap yang digunakan di Perairan Tambak Lorok dapat dilihat pada Gambar 5. Waktu pemanenan kerang hijau bisa berjalan 4-6 bulan, dan setiap harinya satu nelayan yang memiliki peralatan kompresor dapat memanen hingga 100 kg kerang hijau, sedangkan nelayan konvensional tanpa alat bantu nafas rata-rata hanya dapat mengambil sekitar 25 kg. Menurut WWF Indonesia (2015), puncak musim benih kerang hijau di Indonesia adalah mulai dari April hingga Juli. Apabila benih ditanam pada pertengahan bulan Maret, diharapkan kerang dapat dipanen sebelum Musim Barat (Desember). Pada umumnya ukuran konsumsi yang dipanen adalah antara 6-8 cm dan telah dipelihara selama 7 bulan. Rata-rata pertumbuhan kerang hijau adalah 0,8 cm/bulan.



Gambar 4. Keramba Model Bambu Tancap Untuk Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis*) (Sumber : WWF Indonesia, 2015).



Gambar 5. Keramba Bambu Tancap atau Bagang di Perairan Tambak Lorok (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis partikel mikroplastik dan jumlah cemaran mikroplastik pada kerang hijau (*Perna viridis*) hasil marikultur di perairan Tambak Lorok, Semarang.