

TESIS

KAJIAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK DI PERMUKAAN PERAIRAN PESISIR KOTA MAKASSAR

STUDY ON MICROPLASTIC ABUNDANCE IN THE SURFACE OF COASTAL WATERS OF MAKASSAR CITY

MUH. AFDAL

L022171011



PROGRAM MAGISTER PENGELOLAAN SUMBERDAYA PESISIR TERPADU
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2019



KAJIAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK DI PERMUKAAN PERAIRAN PESISIR KOTA MAKASSAR

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Terpadu

Disusun dan diajukan oleh

MUH. AFDAL

Kepada

**PROGRAM MAGISTER PENGELOLAAN SUMBERDAYA PESISIR TERPADU
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2019**



TESIS

KAJIAN KELIMPAHAN MIKROPLASTIK DI PERMUKAAN PERAIRAN PESISIR
KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

Muh. Afdal
L022171011

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
Pada tanggal 08 Agustus 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasihat



Prof. Dr. Akbar Tahir, M.Sc.
Ketua



Dr. Ahmad Faisal, ST, M.Si.
Anggota

Ketua Program Studi
Pengelolaan Sumberdaya Pesisir
Terpadu



Dr. Mahatma, ST, M.Sc.

Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan
Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. Aisjah Farhum, M.Si



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : MUH. AFDAL

Nomor Mahasiswa : L022171011

Program Studi : Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Terpadu

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 8 Agustus 2019

Yang menyatakan,

Muh. Afdal



KATA PENGANTAR

Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh..

Puji syukur kita panjatkan kehadiran kepada Allah SWT, Sang Khaliq Maha Pengatur alam semesta yang senantiasa melipahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan Tesis tepat pada waktunya. Salam dan shalawat semoga tetap tercurah kepada junjungan Nabiullah Muhammad SAW, yang merupakan Nabi terakhir dimuka bumi ini dan menjadi suri teladan, uswatun khasanah dan pemimpin sejati yang telah membawa ummat manusia dari jalan kemunafikan menuju jalan Rahmatan Lil Alamin.

Dalam penyusunan Tesis ini, penulis banyak menghadapi tantangan dan hambatan. Namun alhamdulillah semua tantangan penulis dapat melalui semuanya berkat kerja keras, bantuan saudara-saudari, para pembimbing dan penguji, orang tua tercinta dan dengan izin Allah SWT. Oleh karena itu, dengan segenap kerendahan hati penulis menyampaikan penghargaan setingginya-tingginya dan ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, almarhum ayah **Kamaruddin, SP.** dan Ibu **Hilwah**, terima kasihku atas segala do'a restu, nasehat, bimbingan dan kasih sayangnya kepada penulis. **Saudara-saudaraku** serta seluruh keluarga besarku yang senantiasa memberikan dukungan baik moril maupun material.
2. Kepada **Prof. Dr. Akbar Tahir, M.Sc** dan **Dr. Ahmad Faizal, ST. M.Si**

tu pembimbing utama dan pembimbing anggota, yang telah tulus



meluangkan waktu ditengah kesibukan beliau-beliau dalam membantu memberikan saran, arahan, dan motivasi.

3. Kepada **Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc, Dr. Wasir Samad, ST, M.Si,** dan **Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc** selaku penguji yang telah banyak memberikan kritikan dan masukan dalam penyusunan tesis.
4. Kepada **Keluarga Besar Korps Sukarela Palang Merah Indonesia Universitas Hasanuddin,** merupakan rumah inspirasi bagi penulis.
5. Kepada Teman-teman dan keluarga tercinta yang tidak sempat penulis sebut satu persatu terimakasih banyak atas segala bantuan baik berupa moril maupun material.

“Bahwa manusia tidak hidup sendiri dan selalu membutuhkan bantuan manusia lain” - Aristoteles

Dengan penuh kesadaran penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini masih jauh dari kata sempurna. Seperti halnya penulis yang masih banyak kekurangan dan khilafan dalam menulis. Semoga tesis ini dapat menambah khazanah ilmu pengetahuan dibidang pencemaran lingkungan.

Jaza Kumullahu Khairan Jaza....

Wassalamu Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh...

Makassar, Agustus 2019

Penulis



ABSTRAK

MUH. AFDAL. L022171010. Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Permukaan Perairan Pesisir Kota Makassar. Dibimbing oleh Akbar Tahir dan Ahmad Faizal

Penelitian ini bertujuan (1) mengidentifikasi, mengkuantifikasi dan mengkarakterisasi mikroplastik (MP) yang ada di permukaan perairan pesisir Kota Makassar; (2) menentukan distribusi kelimpahan mikroplastik di permukaan perairan pesisir Kota Makassar; (3) menganalisis jenis polimer mikroplastik yang ditemukan di permukaan perairan pesisir Kota Makassar.

Metode penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling* dalam menentukan lokasi/titik sampling. Sampel air yang diambil sebanyak 5 botol di setiap stasiun yang terdiri dari 3 stasiun pengamatan dengan menggunakan *neuston net*. Parameter fisik perairan menggunakan data sekunder meliputi arus dan pasang surut. Analisis karakteristik mikroplastik dilakukan secara visual menggunakan Mikroskop Stereo (*Euromex Stereo Blue 1902*) untuk melihat kandungan mikroplastik dalam sampel air. Kemudian analisis statistik menggunakan analisis deskriptif dan sebaran mikroplastik menggunakan metode spasial dengan bantuan aplikasi Arc Gis 10.6.

Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata kelimpahan mikroplastik di perairan pesisir Kota Makassar ditemukan sebesar ($5,689 \pm 2,068$ MP/m³) yang tersebar ke dalam 3 stasiun pengamatan. Hotspot mikroplastik di perairan pesisir Kota Makassar berada pada Muara Sungai Tallo dan pelabuhan Paotere. Bentuk mikroplastik yang dominan ditemukan yaitu; fragment, line, film, foam, dan pellet. Sedangkan untuk ukuran mikroplastik dikelompokkan menjadi 4 kelas ukuran, yakni: <0,5 mm (13-25%); 0,5-1 mm (28-40%); 1,1-2,5 mm (31-40%); dan 2,5-5 mm (12-19%). Terakhir, ditemukan sebanyak 12 warna mikroplastik.

Kata Kunci: Kelimpahan; Bentuk; Ukuran; Warna; Mikroplastik; Perairan Pesisir Kota Makassar.



ABSTRACT

MUH. AFDAL. L022171010. Study on Microplastic Abundance in the Surface of Coastal Waters of Makassar City. Supervised by Akbar Tahir and Ahmad Faizal

This study aims to : (1) identify, quantify and characterize the microplastic on the surface of coastal waters of Makassar City; (2) determine the distribution of microplastic abundance on the surface coastal waters of Makassar City; and (3) analyze the types of microplastic polymers found on the surface of coastal waters of Makassar City.

This research method applied a purposive sampling technique in determining the location/sampling point. There were 5 water sample collected in each station consisting of 3 collection stations by using the neuston net. Physical parameters of waters used secondary data comprising of currents and tides. The microplastic identification was conducted by using a Stereo Microscope (Euromex Stereo Blue 1902) to microplastic content in water samples. Statistical analysis used is descriptive analysis whereas microplastic distribution used spatial methods with the assistance of Arc Gis 10.6 application.

The results showed that the average microplastic abundance in the surface of Makassar coastal waters was $(5.689 \pm 2.068 \text{ MP/m}^3)$ spreading into 3 observation stations. Microplastic hotspots on the surface of the coastal waters of Makassar City are located at the Estuary Tallo and the port of Paotere. The dominant forms of microplastics found were, namely fragments, lines, films, foam, and pellets. Besides, microplastic sizes are grouped into 4 size classes, <0,5 mm (13-25%); 0,5-1 mm (28-40%); 1,1-2,5 mm (31-40%); and 2,5-5 mm (12-19%). There were 12 colors of microplastic found.

Keywords: Abundance; Form; Size; Color; Microplastic; Makassar City Coastal Waters.



DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Kegunaan Penelitian	6
E. Ruang Lingkup	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Pesisir dan Pencemaran Laut	7
B. Plastik	9
C. Mikroplastik	12
D. Karakteristik dan Teknik Menganalisis Mikroplastik	13
Karakteristik	13
Teknik Menganalisis Mikroplastik	16



D.	Distribusi Mikroplastik di Lautan.....	20
E.	Kondisi Oseanografi	23
F.	Keadaan Umum Perairan Kota Makassar	25
G.	Kerangka Konseptual Penelitian	28
III.	METODE PENELITIAN	29
A.	Waktu dan Tempat	29
B.	Alat & Bahan.....	30
1.	Alat	30
2.	Bahan	30
C.	Teknik Pengumpulan Data.....	30
1.	Persiapan	30
2.	Penentuan Lokasi	31
3.	Pengambilan Sampel Air	31
4.	Analisis Mikroplastik (MP).....	33
a.	Analisis Sampel Air	33
b.	Analisis <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	34
5.	Analisis Statistik.....	35
6.	Distribusi Spasial Mikroplastik.....	35
7.	Bagan Alir Penelitian	36
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
A.	Hasil	37
1.	Kelimpahan Mikroplastik (MP) di Perairan Kota Makassar	37
2.	Distribusi Spasial Mikroplastik Di Perairan pesisir Kota Makassar ...	37
2.	Bentuk Mikroplastik.....	39
	Ukuran Mikroplastik	40
	Warna Mikroplastik	41

6. Hasil Analisis FTIR Mikroplastik.....	42
7. Kondisi Oseanografi	44
a. Pola Arus	44
b. Pasang Surut.....	51
B. Pembahasan	51
1. Keadaan Umum Lokasi.....	51
2. Kelimpahan & Distribusi Spasial Mikroplastik.....	55
3. Bentuk Mikroplastik.....	58
4. Ukuran Mikroplastik	60
5. Warna Mikroplastik	61
6. Hasil Analisis FTIR	62
7. Kondisi Oseanografi	63
V. KESIMPULAN	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN.....	79
RIWAYAT HIDUP.....	130



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Pertumbuhan Produksi Plastik di Dunia.....	10
Tabel 2. Jenis-Jenis Plastik dan Tingkat Kebutuhan di Eropa pada Tahun 2015	11
Tabel 3. Deskripsi Bentuk Mikroplastik	15
Tabel 4. Tipe Polimer yang Terakumulasi di Laut dan Sedimen (N = 42 Studi)	16
Tabel 5. Jumlah Penduduk Kota Makassar Tahun 2017 Berdasarkan Kecamatan	52
Tabel 6. Data Koordinat Stasiun Sampling	53



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Sumber Mikroplastik dan Jalur Masuk dari Darat ke Laut (GESAMP, 2015)	14
Gambar 2. Lokasi Sampling Penelitian di Perairan Kota Makassar....	29
Gambar 3. Layout pengambilan sampel menggunakan <i>neuston net</i> yang terdiri dari 3 stasiun dan 5 substasiun. a) Stasiun 2 km x 2 km; b) Plot 400 m x 400 m	31
Gambar 4. Ilustrasi Pengambilan Samel Air: a) Kapal Saat Menarik <i>Neuston Net</i> ; b) Ukuran <i>Neuston Net</i>	33
Gambar 5. Nilai Kelimpahan Rata-rata Kelimpahan Mikroplastik Pada Setiap Stasiun (n=5 plot)	37
Gambar 6. Kelimpahan dan Distribusi Spasial Mikroplastik di Perairan Kota Makassar	38
Gambar 7. Persentasi Bentuk Mikroplastik: a) Stasiun 1; b) Stasiun 2; c) Stasiun 3	39
Gambar 8. Bentuk Mikroplastik yang ditemukan di Perairan pesisir Kota Makassar a) Fragment; b) Line; c) Foam; d) Film; e) Pellet; f) Mikroplastik Campuran.....	40
Gambar 9. Distribusi Kelas Ukuran Mikroplastik: a) Stasiun 1; b) Stasiun 2; c) Stasiun 3	41
Gambar 10. Persentasi Warna Mikroplastik a) Stasiun 1; b) Stasiun 2; c) Stasiun 3	41
Gambar 11. Hasil FTIR Mikroplastik yang Memiliki Kecocokan Panjang Gelombang dengan Polimer <i>Polystyrene</i> (PS)	42
Gambar 12. Hasil FTIR Mikroplastik yang Memiliki Kecocokan Panjang Gelombang dengan Polimer <i>Polypropylene</i> (PP)	43
Gambar 13. Model Arus Pada Saat Menuju Surut di Stasiun 1 Tanggal 29 Oktober 2018	44
14. Model Arus Saat Menuju Pasang di Stasiun 1 Tanggal 29 Oktober 2018	45



Gambar 15. Model Arus Saat Menuju Surut di Stasiun 2 Tanggal 27 Oktober 2018	46
Gambar 16. Model Arus Saat Menuju Pasang di Stasiun 2 Tanggal 27 Oktober 2018	47
Gambar 17. Model Arus Saat Menuju Surut di Stasiun 3 Tanggal 28 Oktober 2018.....	48
Gambar 18. Model Arus Saat Menuju Pasang di Stasiun 3 Tanggal 28 Oktober 2018	48
Gambar 19. Pola Arus Permukaan Saat Menuju Surut Perairan Kota Makassar	49
Gambar 20. Pola Arus Permukaan Saat Menuju Pasang Perairan Kota Makassar	50
Gambar 21. Grafik Pasang Surut pada Tanggal 22 Oktober-7 November 2018.....	51



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Analisis Deskriptif.....	79
Lampiran 2. Kelimpahan Mikroplastik	79
Lampiran 3. Karakteristik Jenis Mikroplastik	80
Lampiran 4. Karakteristik Bentuk Mikroplastik.....	81
Lampiran 5. Penyaringan Sampel Air	125
Lampiran 6. Hasil Saringan Menggunakan Kertas <i>Whatman</i>	126
Lampiran 7. Temuan Mikroplastik	127
Lampiran 8. Pengambilan Sampel Air Menggunakan <i>Nesuton Net</i>	128
Lampiran 9. Lepas Limbah Saluran Air Kanal ke Laut	129



I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran sampah plastik merupakan masalah terbesar di lingkungan yang dihadapi oleh setiap negara, baik negara berkembang maupun negara maju. Plastik adalah polimer organik sintetis dan memiliki karakteristik bahan seperti kedap air, tahan lama, harga terjangkau, mudah dibentuk, serta sangat efisien digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Derraik, 2002).

Produksi plastik dunia mengalami peningkatan sepanjang tahun dan mencapai 348 juta ton pada tahun 2017 (*Plastics Europe*, 2018). Penelitian Jambeck *et al.*, (2015) mengemukakan bahwa limbah plastik yang dihasilkan Indonesia sebanyak 0,48–1,29 juta ton/tahun tersebar di laut, sehingga menempatkan Indonesia sebagai negara kedua penyumbang sampah plastik di dunia. Kemudian, Kemenperin (2019) menyebutkan tahun 2018 kebutuhan plastik di Indonesia sebesar 7,7 juta ton yang dipasok dari produksi Nasional sebesar 6,74 juta ton. Pertumbuhan sampah plastik di Indonesia sangat pesat dalam dua dekade terakhir, hal ini disebabkan karena semakin tingginya populasi penduduk dan aktivitas manusia yang merambah hampir diseluruh jenis kebutuhan manusia menggunakan kemasan plastik.

Pertambahan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat

mulkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang beragam serta pengelolaan sampah selama ini belum sesuai



dengan metode dan teknik pengelolaan sampah yang berbasis lingkungan. Akibatnya, sampah plastik masuk secara terus-menerus ke dalam laut disertai dengan rendahnya kemampuan degradasi yang mencapai puluhan hingga ratusan tahun, menjadikan plastik terakumulasi di lingkungan laut. Plastik sebagai polimer sintesis mengalami degradasi yang disebabkan oleh sinar Ultraviolet-B (UV-B) dan gelombang (Andrady, 2011; Cooper & Corcoran, 2010). Fragment plastik besar yang terdegradasi menjadi ukuran mikro ($1 < 5$ mm) yang biasa disebut dengan mikroplastik (GESAMP, 2015). Selain itu, perpindahan plastik di seluruh Samudera sangat dipengaruhi oleh angin dan arus (Law *et al.*, 2010; Eriksen *et al.*, 2013).

Berdasarkan sumbernya mikroplastik terbagi dua yakni; sumber primer dan sekunder. Sumber primer banyak ditemukan pada produk komestik dan produk pembersih yang mengandung *polyethylene*, *polypropylene*, dan *polystyrene* seperti *scrub*. Selain itu, pellet digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik (Cole *et al.*, 2011). Sumber sekunder merupakan plastik yang terdegradasi dan terfragmentasi menjadi partikel berukuran mikro (< 5 mm). Menurut Hildago-Ruz *et al.*, (2012) sumber utama keberadaan mikroplastik di perairan berasal dari sumber sekunder.

Kehadiran mikroplastik telah dibuktikan dengan beberapa penelitian yang

akukan pada beberapa tahun terakhir, menunjukkan mikroplastik menyebar luas di lingkungan laut. Distribusi global plastik menunjukkan



total plastik yang mengapung di permukaan laut berkisar 7.000 dan 35.000 metrik ton (Eriksen *et al.*, 2014; Cozar *et al.*, 2014). Pada subpermukaan perairan di Samudera Pasifik ditemukan konsentrasi mikroplastik yakni 8 hingga 9.200 partikel/m³ (Desforges *et al.*, 2014). Fossi *et al.*, (2012) menemukan konsentrasi mikroplastik di kawasan perlindungan Laut Mediterania sebesar 0,94 partikel/m³ (Laut Liguria) dan 0,13 partikel/m³ (Laut Sardinia). Penelitian Reisser *et al.*, (2013) yang dilakukan di kawasan *Great Barrier Reef Marine Park Authority* (Australia) ditemukan 839 plastik laut yang tercatat adalah fragment-fragment kecil ("*microplastic*", *median length* = 2,8 mm, *mean length* = 4,9 mm). Distribusi mikroplastik yang tersebar luas dengan kepadatan yang tinggi di perairan mengakibatkan beberapa organisme laut menelan mikroplastik, baik secara langsung maupun tidak langsung seperti; ikan, kerang, dan mamalia laut (Thompson *et al.*, 2004; Moos *et al.*, 2012; Lusher *et al.*, 2013; Setälä *et al.*, 2014).

Kota Makassar sebagai salah satu kota besar di Indonesia, hampir 60% jumlah penduduk menyebar di kawasan pantai (Dahuri *et al.*, 2001). Tahun 2017 penduduk kota makassar mencapai 8.741 jiwa/km² (BPS, 2018). Produksi sampah per hari yang dihasilkan 6.485,65 m³ (BPS, 2018). Demikian pula dengan temuan Rochman *et al.*, (2015) bahwa ikan yang

belikan di Pelabuhan Poetere Makassar mengandung mikroplastik



dengan bentuk fragment, film, styrofoam, dan monofilament, semakin memperjelas keberadaan pencemaran plastik.

Pemanfaatan kawasan di perairan Kota Makassar seperti; kegiatan industri, kegiatan wisata pantai, kegiatan reklamasi, kegiatan transportasi laut, dan kegiatan pelabuhan (Pelabuhan Soekarno Hatta) berpotensi mengakibatkan pencemaran sampah plastik melalui aktivitas manusia. Aktifitas masyarakat di daratan Makassar yang membuang sampah sembarangan juga akan berkontribusi terjadinya pencemaran limbah plastik yang terdistribusi melalui 2 (dua) sungai besar yakni Sungai Jeneberang dan Sungai Tallo serta kanal dan *drainase* kota yang bermuara ke perairan Kota Makassar. Menurut teori Stolte *et al.*, (2015), sungai merupakan salah satu jalur masuknya mikroplastik ke dalam lingkungan laut.

Kanal Kota Makassar antara lain Kanal Barat Kota meliputi: Kanal Sinrijala (2.366 meter), Kanal Jongaya (6.565 meter) dan Kanal Pannampu (4.938 meter), sedangkan Kanal Timur Kota meliputi: Kanal Pampang Hulu (5.086 meter), Kanal Pampang hilir (4.213 meter), Kanal Gowa I (1.677 meter), Kanal Gowa II (3.936 meter) dan Kanal Antang (1.377 meter). Perairan pesisir di sekitar kawasan Metro Tanjung Bunga merupakan muara dari saluran pembuangan (kanal) Jongaya yang membelah Kota Makassar.

t pintu kontrol yang memecah kanal menjadi dua arah, yaitu Kanal
yang mengarah ke Kanal Pampang dan Kanal Pannampu yang



langsung menuju laut. Kurangnya informasi kuantitatif mengenai kelimpahan, hotspot dan distribusi mikroplastik di permukaan perairan pesisir Kota Makassar menjadikan penelitian ini sangat penting untuk dilakukan.

B. Rumusan masalah

1. Berapa kelimpahan dan bagaimana karakteristik mikroplastik yang ditemukan di permukaan perairan pesisir Kota Makassar ?
2. Bagaimana distribusi spasial mikroplastik di permukaan perairan pesisir Kota Makassar?
3. Bagaimana jenis polimer yang ditemukan di permukaan perairan pesisir Kota Makassar?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Mengidentifikasi, mengkuantifikasi dan mengkarakterisasi mikroplastik yang ada di permukaan perairan pesisir Kota Makassar.
2. Menentukan sebaran kelimpahan mikroplastik di permukaan perairan pesisir Kota Makassar.
3. Menganalisis jenis polimer mikroplastik yang ditemukan di permukaan perairan pesisir Kota Makassar.



D. Kegunaan Penelitian

1. Sebagai informasi mengenai hotspot kelimpahan mikroplastik di permukaan perairan pesisir Kota Makassar.
2. Rekomendasi kepada pemerintah menyusun kebijakan, pengelolaan dan penanganan sampah plastik di permukaan perairan pesisir Kota Makassar.

E. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah identifikasi jumlah, bentuk, dan warna mikroplastik yang terdapat pada sampel air. Kemudian, pengamatan arus dan pasang surut.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pesisir dan Pencemaran Laut

Menurut UU No 1 Tahun 2014 wilayah pesisir didefinisikan sebagai daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Perairan pesisir didefinisikan sebagai laut yang berbatasan dengan daratan, meliputi perairan sejauh 12 mil laut diukur dari garis pantai, perairan yang menghubungkan pantai dan pulau-pulau, estuari, teluk, perairan dangkal, rawa payau, dan laguna. Pencemaran pesisir didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan pesisir akibat adanya kegiatan setiap orang sehingga kualitas pesisir turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan pesisir tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya.

Wilayah pesisir merupakan zona penting karena pada dasarnya tersusun dari berbagai ekosistem seperti pantai berpasir, mangrove, lamun, terumbu karang dan ekosistem lainnya yang saling terkait satu sama lain. Perubahan atau kerusakan yang menimpa suatu ekosistem akan menimpa pula ekosistem lainnya. Selain itu, wilayah pesisir juga dipengaruhi oleh berbagai macam kegiatan manusia baik langsung atau tidak langsung maupun proses yang terdapat di daratan maupun lautan (Djau, 2012).



Berdasarkan PP No. 19 Tahun 1999 pencemaran laut diartikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan laut oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan laut tidak sesuai lagi dengan baku mutu dan/atau fungsinya. Terjadinya pencemaran di perairan laut dapat disebabkan oleh tertimbunnya zat polutan yang berasal dari kegiatan pertambangan, aktivitas pelabuhan, tumpahan minyak dari kapal, limbah rumah tangga dan berbagai kegiatan industri. Limbah-limbah yang tidak dapat terdegradasi selanjutnya akan terakumulasi di perairan laut sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan jangka panjang.

Pencemaran laut merupakan masalah yang dihadapi bersama oleh masyarakat dunia. Pengaruhnya bukan saja menjangkau seluruh kegiatan yang berlangsung di laut, tetapi juga menyangkut kegiatan-kegiatan yang berlangsung di wilayah pantai, termasuk muara-muara sungai yang berhubungan dengan laut. Pada dasarnya laut mempunyai kemampuan alamiah untuk menetralkan zat-zat pencemar yang masuk ke dalamnya. Pencemaran dapat diartikan sebagai bentuk *Environmental Impairment*, yakni adanya gangguan, perubahan, atau kerusakan (Silalahi, 2001).



B. Plastik

Secara etimologi kata plastik berasal dari kata Yunani *plastikos*, yang berarti mampu dibentuk, dan *plastos*, yang berarti dicetak. Plastik merupakan bahan yang berasal dari petrokimia (Thompson *et al.*, 2009). Plastik adalah bahan yang terbuat dari sejumlah senyawa organik semisintetik atau sintetis yang dapat dicetak menjadi bentuk lunak, dan kemudian diatur menjadi bentuk yang sangat kaku atau sedikit elastis. Plastik telah menjadi komoditas berharga dan bagian penting dari kehidupan sehari-hari.

Plastik mulai masuk ke dalam laut dengan jumlah yang semakin meningkat dari tahun 1950-an dari berbagai sumber darat dan laut; sungai, limpasan, pantai, wisata dan kapal (Browne *et al.*, 2011). Sumber utama (80%) sampah plastik yang lebih besar diasumsikan berbasis lahan (UNEP, 2005). Tahun 1964 produksi plastik telah meningkat dua puluh (20) kali lipat, mencapai 311 juta ton pada tahun 2014 (WEF, 2016).

Produksi plastik di dunia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada tahun 2016 produksi plastik mencapai 335 juta ton, meningkat menjadi 348 juta ton tahun 2017 (*Plastics Europe*, 2018). Asia merupakan produsen plastik terbesar di dunia sebesar 50,1% disusul Eropa sebesar 18,5% dan NAFTA (*North American Free Trade Agreement*) sebesar 17,7%. Frekuensi

tahun produksi plastik di dunia dapat dilihat pada tabel 1.



Tabel 1. Pertumbuhan Produksi Plastik di Dunia

Tahun Produksi Plastik	Total Produksi Plastik (Juta Ton/Tahun)
2005	230
2007	257
2011	279
2012	288
2013	299
2014	311
2015	322
2016	335
2017	348

Sumber: *Plastics Europe* (2016 & 2018)

Sifat plastik yang ringan, tahan lama, kuat dan murah menyebabkan penggunaan plastik terus meningkat dan sangat luas digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hal tersebut menjadikan plastik sebagai benda padat persisten dan sangat berbahaya di lingkungan (Laist, 1987; Law & Thompson, 2014). Plastik mengambil peran penting dalam berbagai bidang seperti pengemasan, bangunan konstruksi, otomotif, peralatan elektronik dan pertanian.

Bahan plastik mewakili polimer organik yang berasal dari sumber minyak bumi, dengan karakteristik dan sifat yang berbeda, seperti kepadatan dan komposisi kimia. Berbagai jenis plastik diproduksi secara global, tetapi dalam

ngan plastik didominasi 6 kelas yakni: polyethylene (PE, kepadatan an rendah), polypropylene (PP), polivinil klorida (PVC), polistirena



(PS, termasuk EPS yang diperluas), poliuretan (PUR) dan polietilen tereftalat (PET) (GESAMP, 2015). Keenam polimer ini menghasilkan sekitar 80% dari produksi plastik dan cenderung membentuk proporsi yang besar, melalui pelepasan yang tidak disengaja, kurangnya daur ulang yang tepat, manajemen yang tidak memadai atau pembuangan yang tidak terolah, serta limbah plastik telah menumpuk di lingkungan pada tingkat yang tidak terkendali dan mencapai berbagai ekosistem perairan dan darat (Wright *et al.*, 2013). Mikroplastik yang ditemukan di lingkungan adalah kelompok partikel yang berbeda dalam ukuran, kepadatan, bentuk dan komposisi kimia yang berasal dari berbagai sumber. Kebutuhan plastik di Eropa dapat dilihat pada Tabel (2).

Tabel 2. Jenis-Jenis Plastik dan Tingkat Kebutuhan di Eropa pada Tahun 2015

Jenis Plastik	Tingkat Kebutuhan di Eropa (%)
<i>High Density Polyethylene</i> (HDPE) dan <i>Medium Density Polyethylene</i> (MDPE)	12,1
<i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE) dan LLDPE	17,3
<i>Polypropylene</i> (PP)	19,1
<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	7,1
<i>Polystyrene</i> dan <i>Expanded Polystyrene</i> (PS-E)	6,9
<i>Polyvinil Chloride</i> (PVC)	10,1
<i>Polyurethane</i> (PUR)	7,5
Lain-lain	19,9

Sumber: Plastic Europe (2016)



C. Mikroplastik

Mikroplastik pertama kali dilaporkan dalam literatur ilmiah pada awal tahun 1970 (Carpenter dan Smith 1972; Carpenter *et al.*, 1972). Publikasi tahun 1960 menemukan fragment plastik pada burung (Harper dan Fowler, 1987). Tidak jelas kapan istilah '*microplastic*' pertama kali digunakan dalam kaitannya dengan sampah laut. Ryan *et al.*, (2009) menggambarkan hasil survei dari pantai Afrika Selatan dan dalam laporan pelayaran dari Asosiasi Pendidikan Laut pada 1990-an dan Thompson *et al.*, (2004) menggambarkan distribusi fragment plastik dalam air laut. Tidak ada definisi ukuran resmi yang diusulkan pada saat itu. Tetapi umumnya tersirat materi istilah yang hanya bisa dengan mudah diidentifikasi dengan bantuan mikroskop. Sejak itu menjadi banyak digunakan untuk menggambarkan potongan-potongan kecil plastik dimilimeter untuk sub-milimeter berbagai ukuran, meskipun belum diakui secara resmi.

Mikroplastik adalah partikel yang berukuran <5 mm (GESAMP, 2019; Arthur *et al.*, 2009). Mikroplastik dapat menyebabkan beberapa efek fisik berbahaya pada manusia dan organisme hidup melalui mekanisme seperti belitan dan konsumsi. Mikroplastik dapat bertindak sebagai pembawa berbagai racun seperti aditif dari proses produksi industri dan kontaminan

oleh serapan di perairan. Racun tersebut dapat menyebabkan kesehatan pada manusia. Beberapa penelitian pada ikan



menunjukkan bahwa mikroplastik dan toksin terkait terakumulasi dan menyebabkan masalah seperti kerusakan usus dan perubahan profil metabolik (Li *et al.*, 2017).

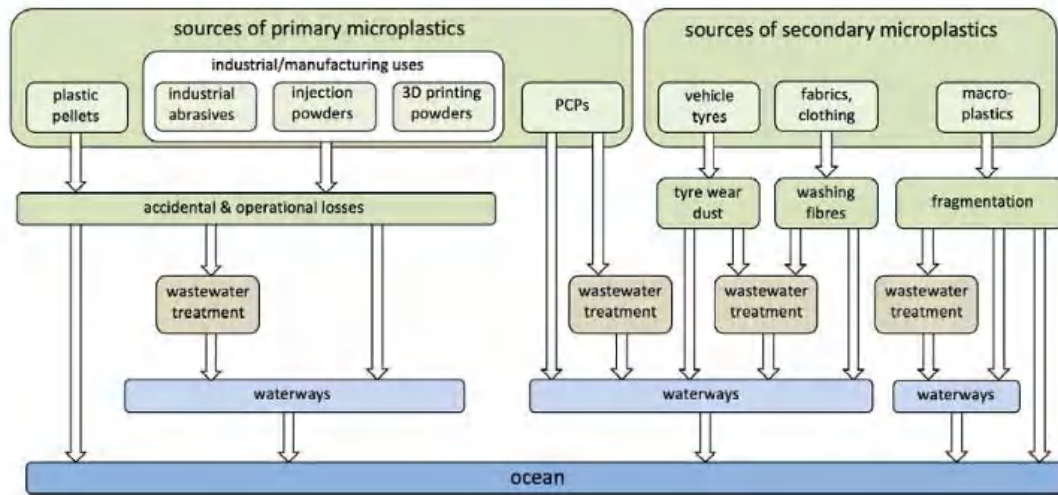
D. Karakteristik dan Teknik Menganalisis Mikroplastik

1. Karakteristik

Istilah mikroplastik mengacu pada partikel plastik yang berukuran <5 mm (GESAMP, 2019). Istilah ini menggambarkan campuran partikel yang heterogen, yang berbeda ukuran (dari beberapa mikron sampai beberapa millimeter), warna dan bentuk (dari bentuk fragment yang sangat berbeda hingga serat panjang). Sumber mikroplastik plastik terbagi menjadi dua (2) yakni; sumber primer dan sumber sekunder (Andrady, 2011).

Mikroplastik primer diproduksi sebagai partikel kecil yang digunakan dalam industri kosmetik (*pilling crème* dll.) atau industri kimia sebagai *precursor* untuk produksi plastik lainnya (misalnya pelet plastik yang digunakan dalam industri plastik). Mikroplastik sekunder berasal dari degradasi atau potongan-potongan plastik yang disebabkan oleh cahaya, panas, oksigen, air dan organisme (Browne, 2015). Masuknya mikroplastik di lingkungan laut dapat dilihat pada Gambar (2).





Gambar 1. Sumber Mikroplastik dan Jalur Masuk dari Darat ke Laut (GESAMP, 2015)

Mikroplastik primer sengaja dibuat untuk menjalankan fungsi tertentu (misalnya partikel abrasif, serbuk untuk cetakan injeksi, pelet resin untuk pengangkutan massal polimer antar lokasi pembuatan); dan mikroplastik sekunder mewakili hasil fragmentasi benda yang lebih besar (misalnya tekstil, serat tali, ban kendaraan, dan serpihan cat). Kedua jenis tersebut akan mengalami kemiripan proses di lautan. Plastik akan cenderung terfragmentasi jika terkena radiasi UV dan abrasi mekanis. Oleh karena itu, akan ada kecenderungan peningkatan mikroplastik dari menurunnya ukuran sampah plastik (GESAMP, 2019).

Menurut GESAMP (2019) mikroplastik dikelompokkan ke dalam 5 bentuk Tabel (3).

Tabel 3. Deskripsi Bentuk Mikroplastik

Bentuk	Deskripsi
Fragment	Memiliki partikel keras, bentuk tidak teratur, berasal dari potongan yang lebih besar
Foam	Partikel hampir bulat atau granula, mudah berubah dibawah tekanan dan elastis, tergantung pada cuaca
Film	Partikel datar, fleksibel dengan halus
Line	Bahan berserat panjang
Pellet	Partikel keras dengan bentuk bulat, halus atau butiran

Sumber : GESAMP (2019)

Penelitian Hidalgo-Ruz *et al.*, (2012) melaporkan frekuensi polimer plastik yang terakumulasi di laut dan sedimen dari 42 studi tentang mikroplastik di dunia. Penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel (4).



Table 4. Tipe Polimer yang Mendominasi di Laut dan Sedimen (N= 42 Studi)

Tipe Polimer	Densitas Polimer (g/cm³)	Jumlah Penelitian
<i>Polyethylene</i>	0,917-0,965	33
<i>Polypropylene</i>	0,9-0,91	27
<i>Polystyrene</i>	1,04-1,1	17
<i>Polyamide (nylon)</i>	1,02-1,05	7
<i>Polyester</i>	1,24-2,3	4
<i>Acrylic</i>	1,09-1,20	4
<i>Polyoximethylene</i>	1,41-1,61	4
<i>Polyvinyl alcohol</i>	1,19-1,31	3
<i>Polyvinylchloride</i>	1,16-1,58	2
<i>Poly methylacrylate</i>	1,17-1,20	2
<i>Polyethylene terephthalate</i>	1,37-1,45	1
<i>Alkyd</i>	1,24-2,10	1
<i>Polyurethane</i>	1,2	1

Sumber: Hidalgo-Rus et al., (2012)

2. Teknik Menganalisis Mikroplastik

Plastik mewakili campuran partikel yang berbeda dalam sifat dengan karakteristik fisik, kimia, dan biologis yang berbeda-beda (mis. kuran, bentuk, polimer, dan karakteristik permukaan). Keragaman karakteristik partikel yang sangat besar ini menghadirkan beberapa tantangan dalam hal memahami konsekuensi kehadiran plastik di lingkungan. Namun, tidak semua sifat

menimbulkan ancaman terhadap ekosistem perairan. Oleh karena itu, memastikan efek berbahaya dari sifat partikel, semua karakteristik analisis. Namun, para peneliti dihadapkan pada tantangan, karena



sebagian besar plastik yang diperoleh dari lingkungan yang mengalami pelapukan yang disebabkan oleh proses biologis, kimia, dan fisik yang mengubah karakteristik plastik dari bahan baku murni. Proses ini harus dipertimbangkan ketika mengidentifikasi karakteristik plastik yang diambil dari lingkungan (GESAMP, 2019).

Dalam menganalisis mikroplastik, dapat juga digunakan metode penyortiran secara visual. Setiap sampel plastik disuspensi kembali ke dalam gelas dengan air ledeng. Gelas tersebut ditempatkan dalam bak ultrasonik selama lima menit untuk melepaskan plastik yang melekat pada sampah laut. Sampel kemudian disaring basah menggunakan kertas saring 0,315 mm, dan gelas kimia dibilas dengan air keran secara menyeluruh untuk memastikan bahwa plastik tidak tertinggal. Plastik diamati secara visual dan disortir menggunakan pinset runcing sesuai dengan kriteria yang dijelaskan oleh Noron (2007) yaitu: struktur seluler atau organik tidak terkandung dalam plastik; serat plastik sama-sama tebal, mampu lentur dan bebas tidak lancip di dua ujung; warna plastik homogen dan jelas; dan benda transparan dan keputihan tanpa karakteristik plastik khas diperiksa di bawah mikroskop.

Karakterisasi mikroplastik dengan metode kimia adalah langkah terakhir untuk mengidentifikasi polimer mikroplastik dari bahan alami lainnya, ketika data visual dan mikroskopis tidak cukup untuk mengkonfirmasi sifat. Selain itu, langkah ini memberikan komposisi polimer dari plastik



berukuran mikro yang dapat berguna untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang bahan utama plastik dan sumber serta pengelompokan polimer untuk analisis instrumental lebih lanjut dari bahan kimia beracun terkait plastik. Beberapa metode yang digunakan dalam mengidentifikasi mikroplastik (GESAMP, 2019)

a. *Fourier Transform Mass Spectroscopy FTIR*

Spektroskopi FTIR (*Fourier-Transform Infrared*) memberikan informasi tentang ikatan kimia spesifik dan gugus fungsi masing-masing polimer plastik. Komposisi ikatan yang berbeda menghasilkan spektrum unik yang membedakan plastik dari partikel organik dan anorganik lainnya (Loder dan Gerdt, 2015). Metode ini menggunakan mode transmisi, reflektansi (transflektansi), dan pelemahan total pantulan (ATR) yang dilemahkan dalam analisis FTIR. Mode transmisi mengharuskan cahaya IR dapat melewati partikel, sedangkan mode reflektansi dan ATR tidak memerlukan langkah persiapan sampel untuk mikroplastik yang tebal dan buram. Karena permukaan mikroplastik lingkungan yang tidak teratur, spektrum ATR-IR biasanya lebih baik kualitas dibandingkan dengan spektrum yang diperoleh dalam mode pemantulan, tetapi kualitas lebih rendah dibandingkan dengan spektrum yang diperoleh dalam mode transmisi (Shim *et al.*, 2017).



b. Spektroskopi Raman

Spektroskopi Raman telah digunakan untuk mengidentifikasi mikroplastik. Sinar laser yang jatuh pada suatu benda menghasilkan frekuensi berbeda dari cahaya tersebar tergantung pada struktur molekul dan atom yang ada, yang menghasilkan spektrum unik pada setiap polimer. Analisis Raman tidak hanya mengidentifikasi plastik, tetapi juga memberikan profil komposisi polimer dari setiap sampel yang mirip dengan FTIR. Dalam hal kombinasi analisis kimia non-destruktif dengan mikroskop, spektroskopi Raman dapat dibandingkan dengan metode FTIR, termasuk persyaratan untuk instrumentasi yang mahal. Perbedaan respons dan spektrum antara spektroskopi FTIR dan Raman, mikroplastik dapat diidentifikasi menjadi lebih akurat. Diameter yang lebih kecil dari sinar laser dalam spektroskopi Raman memungkinkan identifikasi mikroplastik dapat dilakukan dari ukuran terkecil (μm) (Cole *et al.* 2013). Analisis non-kontak spektroskopi Raman menawarkan manfaat bahwa sampel mikroplastik tetap utuh untuk kemungkinan analisis lebih lanjut. Namun, spektroskopi Raman sensitif terhadap aditif dan bahan kimia pigmen dalam mikroplastik, yang mengganggu identifikasi jenis polimer (Shim *et al.* 2017).

c. Scanning Electron Microscopy SEM-EDS

ah karakterisasi fisik dilakukan oleh SEM, partikel dianalisis lebih dengan *Energy dispersif X-ray spectroscopy* (EDS) untuk mendapatkan



komposisi unsur dari objek yang sama. Komposisi unsur partikel berguna untuk mengidentifikasi plastik yang dominan karbon dari partikel anorganik. Ini sangat berguna untuk polimer plastik yang mengandung heteroatom, misalnya keberadaan atom klorin dalam PVC dan atom fluorin di (mis. PTFE). Penggunaan SEM-EDS sangat mahal, membutuhkan waktu dan persiapan dalam pemeriksaan sampel. Warna plastik tidak dapat digunakan sebagai pengidentifikasi dalam SEM. Metode ini direkomendasikan untuk karakterisasi permukaan lebih lanjut dan analisis unsur partikel plastik tertentu, terutama ketika memeriksa kerusakan akibat cuaca atau bahan kimia pada permukaan partikel (Ter Halle *et al.*, 2017).

D. Distribusi Mikroplastik di Lautan

Keberadaan mikroplastik tersebar luas di laut dari kutub ke khatulistiwa (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012) dan mencemari permukaan laut terbuka (Law *et al.*, 2010; Collignon *et al.*, 2012), muara (Sadri dan Thompson, 2014), laut (Browne *et al.*, 2011), garis pantai air tawar (Imhof *et al.*, 2013), sedimen subtidal (Browne *et al.*, 2011) sampai ke laut dalam (Van Cauwenberghe *et al.*, 2013; Woodall *et al.*, 2014).

Setiap tahun plastik di Eropa diproduksi sekitar 58 juta ton/tahun. Skala global produksi meningkat menjadi 280 juta ton/tahun (*Plastics Europe*, tahun 1964 produksi plastik telah meningkat dua puluh kali lipat pada 2014 yakni mencapai 311 juta ton/tahun (WEF, 2016). Tahun 2016



produksi plastik mencapai 335 juta ton, meningkat menjadi 348 juta ton tahun 2017 (*Plastics Europe*, 2018). Sedangkan produksi plastik di Indonesia tahun 2018 sebesar 6,74 juta ton, dimana kebutuhan barang plastik mencapai 7,6 juta ton. Untuk memenuhi kebutuhan, pemerintah melakukan impor bahan baku dan barang jadi sebesar 3,66 juta ton (senilai USD 6,61 miliar) dan 854 ribu ton (senilai USD 2,95 miliar) (Kemenperin, 2019).

Besarnya potensi masalah ini, plastik pada akhirnya akan berakhir di lingkungan laut. Barnes *et al.*, (2009) memperkirakan bahwa sampah plastik 10% dari total sampah kota di seluruh dunia. Meskipun sebagian kecil dari sampah plastik ini didaur ulang, sebagian besar berakhir di tanah, dimana plastik membutuhkan beberapa ratus tahun untuk terurai. Akibatnya, sampah plastik akan menemukan jalan ke sungai dan pada akhirnya akan terpapar ke lingkungan laut.

Ketahanan plastik dengan tingkat daur ulang yang rendah, telah berkontribusi terhadap peningkatan jumlah limbah yang diproduksi secara global (Hoorweg *et al.*, 2012). Misalnya, di Australia 1.433.046 ton plastik digunakan pada tahun 2010-2011 dimana hanya 20% yang didaur ulang. Selain itu, sekitar 37% dari plastik tersebut adalah untuk pembuatan kemasan sekali pakai (PACIA, 2011). Penelitian Reisser *et al.*, (2013) yang

di kawasan *Great Barrier Reef Marine Park Authority* (Australia) menemukan 839 plastik laut yang tercatat adalah fragment-fragment kecil



("microplastic", median length = 2,8 mm, mean length = 4,9 mm) yang dihasilkan dari pemecahan benda-benda yang lebih besar yang terbuat dari polietilen dan polipropilen (misalnya kemasan dan barang-barang perikanan). Konsentrasi plastik di permukaan laut tersebut adalah 4256,4 potong/km², adanya faktor angin nilai ini meningkat menjadi 8966,3 potong/km². Meningkatnya volume sampah plastik di lingkungan laut, tentu akan berdampak pada peningkatan partikel ukuran plastik (mikroplastik).

Penelitian yang telah dilakukan beberapa tahun terakhir menunjukkan distribusi dan kelimpahan mikroplastik di lingkungan laut telah banyak dilaporkan. Jambeck *et al.*, (2015) mengemukakan lebih dari 5% plastik dari hasil produksi setiap tahun akan berakhir di perairan laut. Pada subpermukaan di Samudera Pasifik ditemukan konsentrasi mikroplastik 8 hingga 9200 MP/m³. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan di perairan pesisir Southern California ditemukan sebesar 7,25 MP/m³ (Moore *et al.*, 2002), Teluk Santa Monica sebesar 3,92 MP/m³ (Lattin *et al.*, 2004), perairan pesisir Portugis sebesar 0.002-0.036 MP/m³ (Frias *et al.*, 2014), dan estuari Yangtze sebesar $4.137,3 \pm 2.461,5$ MP/m³ (Zhao *et al.*, 2014).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik akan meningkat seiring dengan penurunan ukuran partikel yang

(Barnes *et al.*, 2009; Doyle *et al.*, 2011; Zhao *et al.*, 2014). Ukuran yang ditemukan selama penelitian mengalami degradasi menjadi



ukuran yang lebih kecil dan dapat ditemukan pada berbagai lokasi (Cooper dan Corcoran 2010) ukuran ini mendekati ukuran dari plankton dan mempermudah dalam proses transportasi dan penyebarannya (Lusher et al., 2013).

Plastik bersumber dari kawasan padat penduduk kemudian masuk ke lingkungan laut yang melalui jalur sungai, angin, saluran pembuangan limbah, dan instalasi lepas pantai (Ryan *et al.*, 2009). Setelah berada di Samudera, plastik akan mengapung di permukaan laut, atau tenggelam ke dasar laut jika terbuat dari polimer yang lebih padat daripada air laut (Andrady, 2011). Plastik dapat kembali ke darat yang disebabkan oleh kondisi oseanografi, dimana plastik cenderung menumpuk di zona konvergensi seperti yang terbentuk oleh lima gyre berskala besar (Pasifik Selatan dan Utara, Atlantik Selatan dan Utara, dan India) (Eriksen *et al.*, 2013; Law *et al.*, 2010; Moore *et al.*, 2001).

E. Kondisi Oseanografi

Perairan Indonesia merupakan perairan penghubung antara Samudera Pasifik dengan Samudera Hindia. Perairan tersebut sangat dipengaruhi oleh iklim monsun. Sehingga mengakibatkan pola sirkulasi massa air yang berbeda dan bervariasi secara musiman serta dipengaruhi oleh massa air

ra Pasifik yang melintasi perairan Indonesia menuju Samudera melalui Arus Lintas Indonesia yang disebut dengan Arlindo (Yusuf,

2007). Terjadinya Airlindo disebabkan adanya perbedaan tekanan rata-rata sebesar 16 cm antara Samudera Pasifik dengan Samudera Hindia (Gordon, 2005).

Pengaruh angin monsun pada lapisan homogen tercampur menyebabkan arah aliran pada lapisan ini berubah menurut monsun. Walaupun demikian sepanjang tahun transport Airlindo cenderung selalu mengalir ke arah Barat Daya dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia.

Pada kondisi normal volume massa air Airlindo sebesar 10,5 juta meter kubik/detik. Kemudian, massa air laut bergerak dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia melewati selat-selat di perairan Indonesia. Massa Airlindo yang melewati Selat Makassar mencapai 9 juta m^3/detik . Massa air kemudian bergerak ke Selatan menuju Selat Lombok. Tetapi, tidak semua massa air dapat melewati Selat Lombok dikarenakan kondisinya yang sangat sempit, dan hanya 1,7 juta m^3/detik massa air dari Selat Makassar yang bisa langsung lewat. Selebihnya sebesar 7,3 m^3/detik harus berbelok dulu ke Timur ke arah Laut Banda. Selanjutnya, massa air laut bercampur lagi dengan massa air Samudera Pasifik yang tiba di Laut Banda lewat Laut Halmahera dan Laut Flores. Seusai berkelok di Laut Banda, aliran massa air berlanjut melewati Laut Flores dan Laut Timor menuju Samudera Hindia.

Aliran massa air mencapai 4,5 juta m^3/detik melewati Laut Flores, dan 4,3 m^3/detik sisanya melewati Laut Timor (Susanto *et al.*, 2003).



Selat Makassar memegang peranan penting karena merupakan pintu gerbang utama jalur Arlindo. Secara umum Selat Makassar merupakan jalur lintasan di kawasan lintang rendah yang mentransfer panas, salinitas rendah dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia (Gordon *et al.*, 2005).

F. Keadaan Umum Perairan Kota Makassar

Kota Makassar merupakan kota yang terletak di daerah pesisir. Secara geografis terletak pada 119°24'17,38" BT dan 5°8'6,19" LS yang berbatasan sebelah utara dan timur dengan Kabupaten Maros, sebelah selatan dengan Kabupaten Gowa dan sebelah barat dengan Selat Makassar. Luas wilayah Kota Makassar 175,77 km persegi yang meliputi 15 kecamatan (BPS, 2018).

Kota Makassar merupakan salah satu kota metropolitan di Indonesia, yang berkembang pesat seiring dengan pertumbuhan pembangunan nasional. Hal tersebut ditandai dengan laju pertumbuhan ekonomi Kota Makassar. Dalam 5 (lima) tahun terakhir, pertumbuhan ekonomi di Kota Makassar masih berfluktuasi, yakni dari 8,55 % pada tahun 2013 menjadi 8,23 persen pada tahun 2017. Nilai PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) Kota Makassar meningkat, yakni sebesar 76.907,41 miliar Rupiah (2013) menjadi 103.857,09 miliar Rupiah (2017) (BPS, 2018).

Perkembangan industri di Kota Makassar juga berjalan dengan pesat.

Industri besar dan sedang di Kota Makassar pada tahun 2016 tercatat 1.250 perusahaan, dengan tenaga kerja 753 orang, dan nilai output sebesar 1.250 miliar Rupiah.



Rp.240.042.740,- (BPS, 2016). Berkembangnya sektor industri dapat memberikan dampak positif dan dampak negatif. Dampak positifnya berupa perluasan lapangan pekerjaan dan peningkatan pendapatan penduduk, sedangkan dampak negatifnya adalah tingginya laju perubahan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kaidah ekologi, urbanisasi yang kurang terkendali, pertumbuhan penduduk yang tinggi, serta pencemaran perairan akibat pembuangan air limbah yang melampaui ambang batas.

Wilayah pesisir Kota Makassar merupakan daerah perkotaan yang padat penduduk. Keadaan geografis Kota Makassar yang berbatasan langsung dengan Selat Makassar membuat sebagian besar penduduk di kota ini tinggal di kawasan pesisir. Kompleksnya aktivitas di perairan pesisir Kota Makassar dan sekitarnya, merupakan penyebab tercemarnya perairan pesisir Kota Makassar. Bahan pencemar yang mencemari perairan pesisir Kota Makassar berasal dari kegiatan industri, perikanan, pelabuhan, perhotelan, pariwisata bahari dan rumah tangga (Sudding *et al.*, 2012). Selanjutnya Hamzah (2007), mengemukakan bahwa pencemaran di perairan pesisir Kota Makassar diduga sangat tinggi karena terdapat dua sungai besar yakni, Sungai Jenneberang dan Sungai Tallo serta kanal dan drainase kota yang semuanya bermuara di perairan pesisir Kota Makassar.

yang ada di kota Makassar antara lain Kanal Barat Kota: Kanal (2.366 meter), Kanal Jongaya (6.565 meter) dan Kanal Pannampu

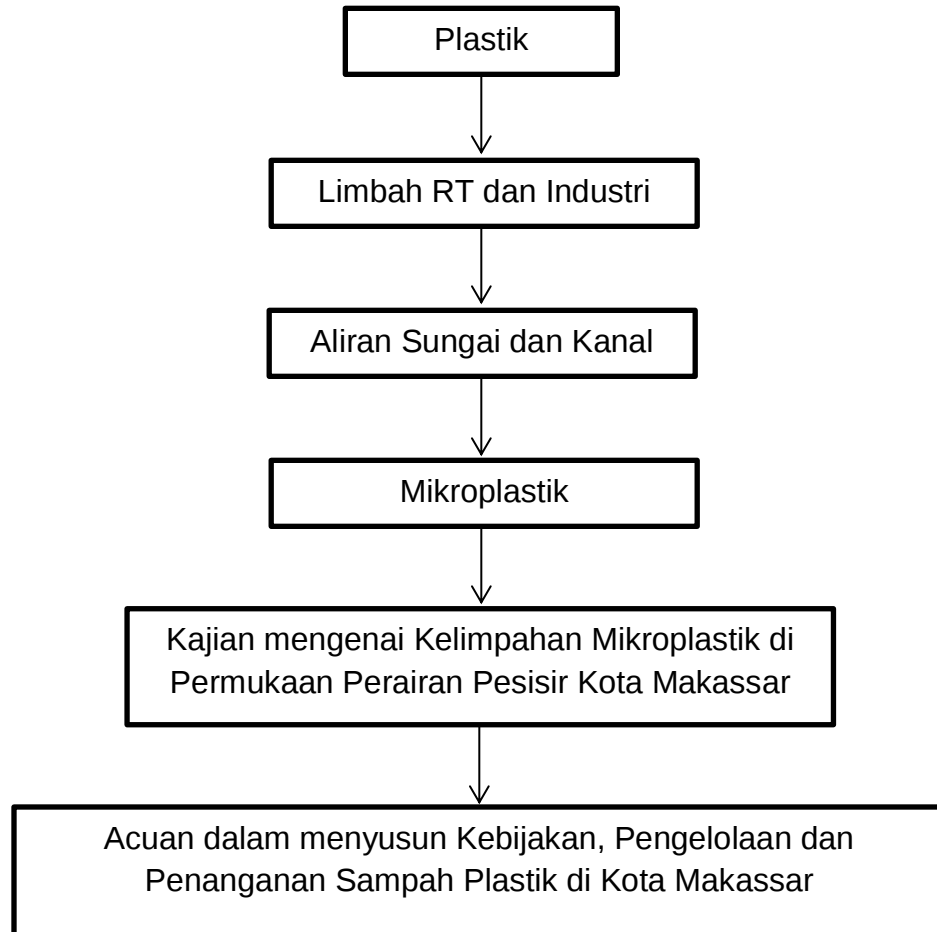


(4.938 meter), sedangkan Kanal Timur Kota: Kanal Pampang Hulu (5.086 meter), Kanal Pampang hilir (4.213 meter), Kanal Gowa I (1.677 meter), Kanal Gowa II (3.936 meter) dan Kanal Antang (1.377 meter).

Perairan pesisir di sekitar kawasan Metro Tanjung Bunga merupakan muara dari saluran pembuangan (kanal) Jongaya yang membelah Kota Makassar dengan panjang mencapai 6.565 meter. Terdapat sebuah pintu kontrol yang memecah kanal menjadi dua arah, yaitu Kanal Sinrijala, yang mengarah ke Sungai Pampang dan Kanal Pannampu yang langsung menuju laut. Masing-masing kanal ini panjangnya berkisar 4.000 meter (Sudding et al., 2012). Sungai Tallo merupakan salah satu sungai utama di Kota Makassar yang mengalir ke Selat Makassar. Perairan muara Sungai Tallo mengalami tekanan yang tinggi karena keberadaan pemukiman, Kawasan Industri Makassar (KIMA), PLTU, industri pabrik tripleks, pertambakan dan pertanian. Muara Sungai Tallo yang terletak di sisi utara Kota Makassar sangat dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut. Bagian dasar sungai posisinya lebih dalam dari pada muka laut sehingga mengakibatkan air asin dapat dijumpai pada jarak sepanjang kurang lebih 10 km (Latif et al., 2012).



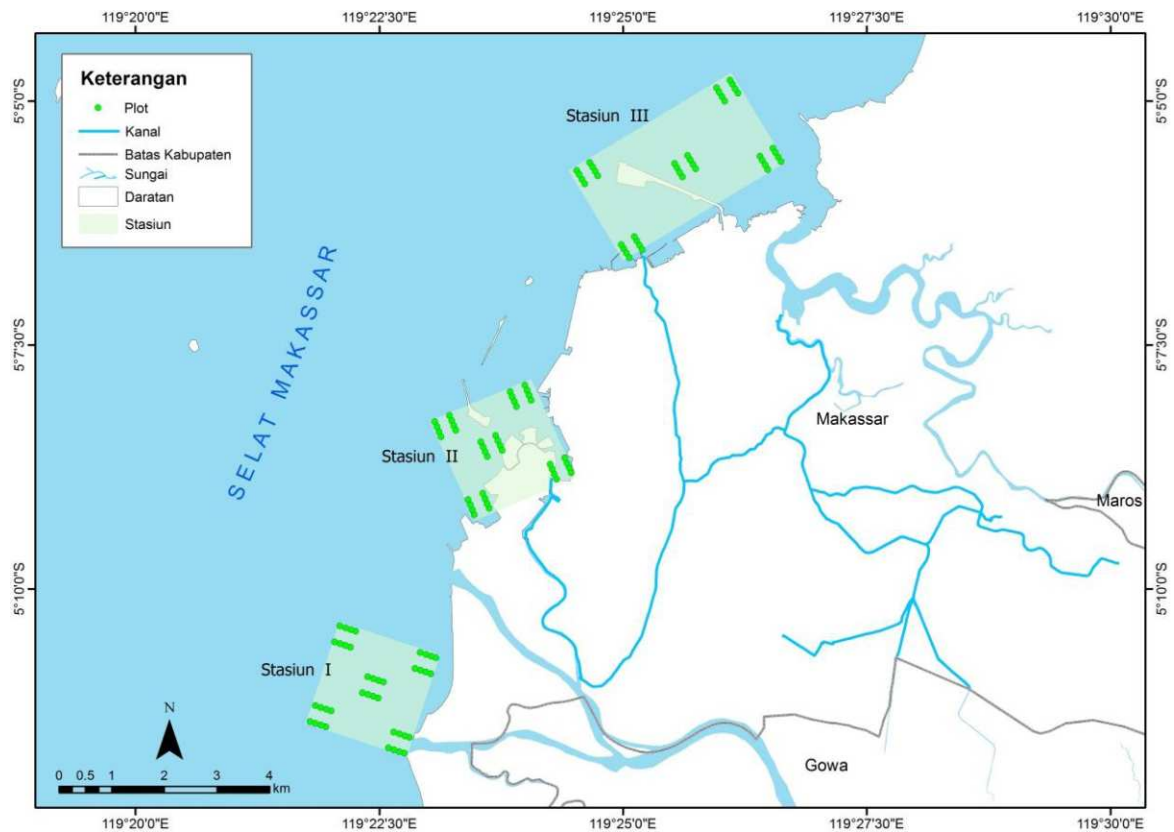
G. Kerangka Konseptual Penelitian



III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di permukaan perairan pesisir Kota Makassar pada bulan Oktober hingga November 2018. Berikut titik sampling dapat dilihat pada Gambar (3).



Gambar 2. Lokasi Sampling Penelitian di Perairan Kota Makassar



B. Alat & Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Alat-alat yang digunakan saat pengambilan sampel di lapangan yaitu; Perahu, Alat Snorkel, *Hand GPS (Global Position System)*, Kamera, Box Sampel, Botol Sampel, Penyolong.
- b. Alat-alat yang digunakan di laboratorium ialah; Mikroskop *Stereo (Euromex Stereo Blue 1902)* dengan perbesaran 4,5x10, Cawan Petri, ATK, Talangan, Pingset, Gelas Kimia, Botol Semprot, Alat tulis

2. Bahan

Kertas Label, Lakban, Tissue, Aquades, Aluminium Foil, Kertas Saring Whatman ukuran 0,45 μm dengan diameter 47 mm.

C. Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh adalah data primer dan sekunder. Data primer adalah pengambilan sampel di lapangan (*in-situ*) dan analisis sampel di laboratorium (*ex-situ*). Data primer meliputi: jumlah, bentuk, warna, dan ukuran mikroplastik yang ditemukan dari permukaan Perairan pesisir Kota Makassar. Data sekunder meliputi pengambilan data arus dan pasang surut.

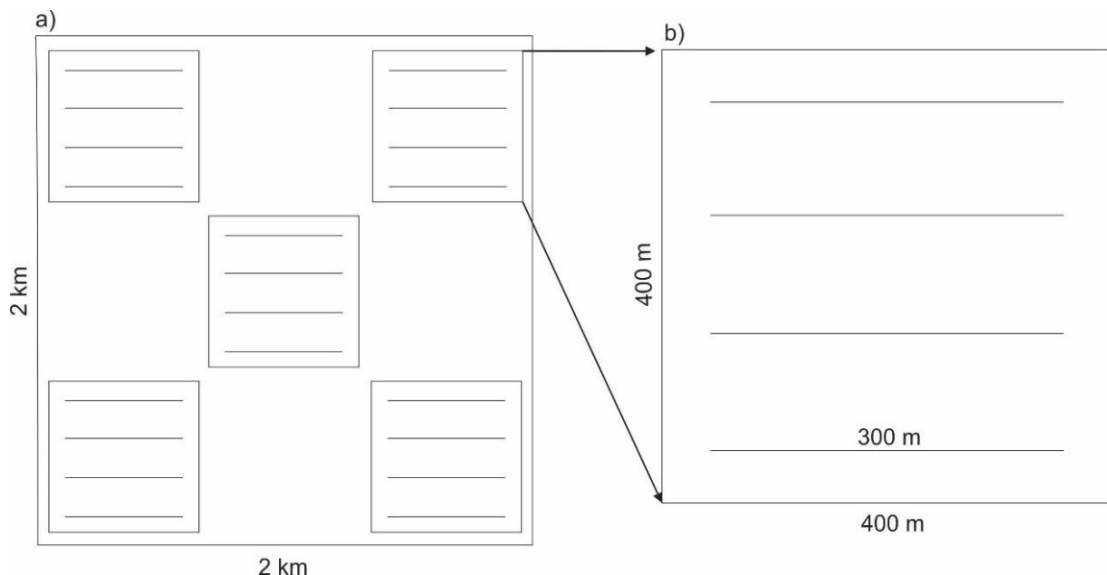
1. Persiapan

Terlebih dahulu menyiapkan peralatan dan bahan untuk dibawa ke an.



2. Penentuan Lokasi

Penentuan lokasi/titik sampling menggunakan teknik *purposive sampling*. Lokasi pengambilan sampel terdiri dari 3 stasiun dengan masing-masing stasiun terdiri dari 5 plot. Metode sampling pada permukaan air dimodifikasi dari Chesire *et al.*, (2009), yaitu luas stasiun berukuran 2 x 2 km dan plot 400 x 400 m. Pada setiap plot dilakukan penarikan sampel dengan panjang lintasan 300 m sebanyak 4 kali. Ilustrasi lokasi sampling dapat dilihat pada Gambar (3).



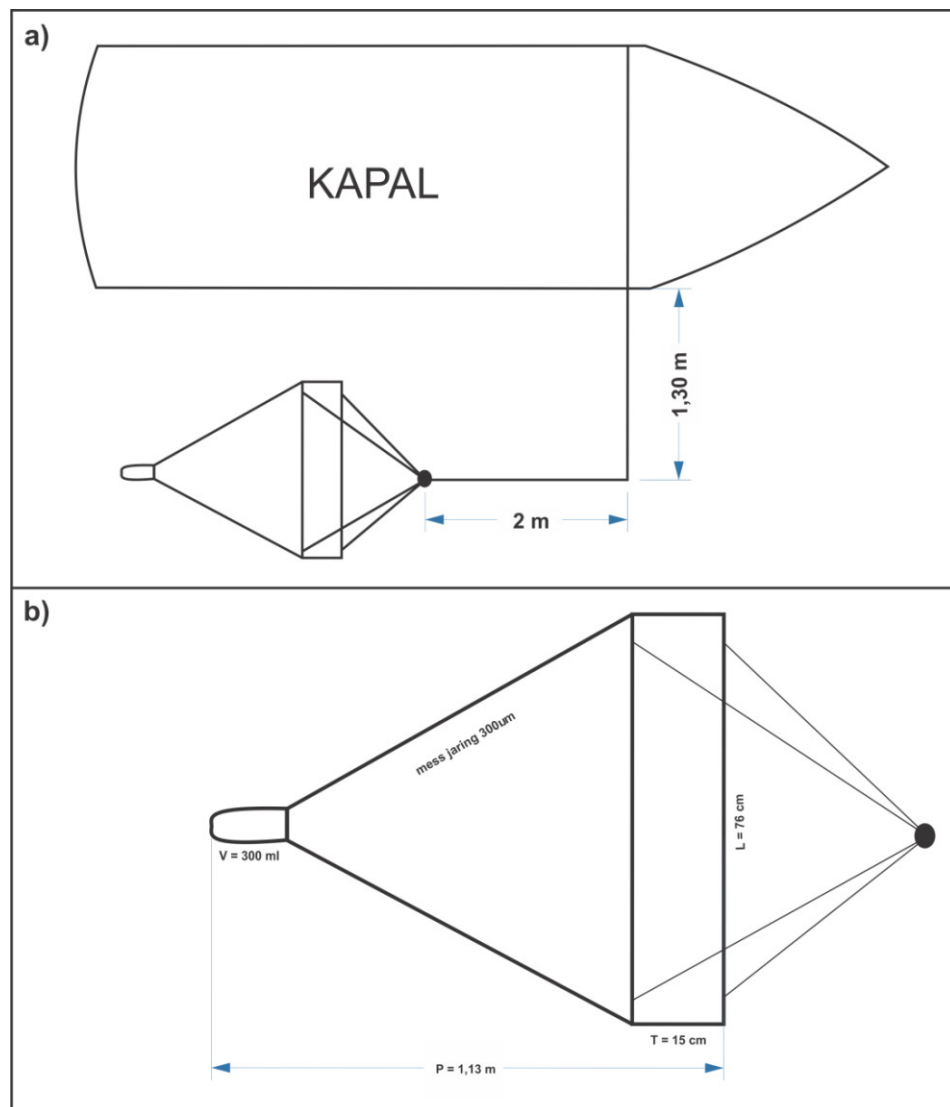
Gambar 3. Layout pengambilan sampel menggunakan *neuston net* yang terdiri dari 3 stasiun dan 5 plot. a) Stasiun dengan luas ukuran 2 x 2 km; b) Plot dengan luas ukuran 400 x 400 m dengan panjang lintasan 300 m sebanyak 4 kali

3. Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air menggunakan *neuston net* dengan bantuan perahu, dimana metode yang digunakan merujuk dengan metode lainnya (Syakti *et al.*, 2017; Lusher *et al.*, 2015). Pengambilan sampel

air laut terdiri dari 3 stasiun, di mana luas stasiun yang digunakan adalah 2 x 2 km. Setiap stasiun memiliki 5 plot dengan luas ulangan 400 x 400 m. Pengambilan sampel menggunakan *neuston net* dengan bukaan persegi panjang (lebar 76 cm; tinggi 15 cm), ukuran mesh 330 μ m, dan panjang dari bukaan jaring hingga ujung jaring (Botol *cod end*) yaitu 1,13 meter (Gambar 4). *Neuston net* dipasang pada bagian buritan perahu/kapal menggunakan tali dengan bentangan 2-3 meter dan ditarik menggunakan perahu dengan kecepatan 2-4 knot searah garis pantai sejauh 300 m x 4 lintasan, dengan total panjang lintasan 1.200 m pada setiap plot. Koordinat pada awal dan akhir penarikan dicatat dengan menggunakan *Hand GPS (Global Position System)*. Kemudian, *neuston net* dibilas dengan air laut sehingga seluruh partikel mikroplastik yang ada di jaring *neuston net* masuk ke dalam botol *cod end* dengan volume 300 ml. Sampel air yang telah masuk ke dalam botol *cod end* dipindahkan ke dalam botol sampel dan dimasukkan ke *cool box*, untuk kemudian dibawa ke laboratorium untuk analisis selanjutnya (Xiong *et al.*, 2018).





Gambar 4. Ilustrasi Pengambilan Sampel Air: a) Kapal Saat Menarik Neuston Net; b) Ukuran Neuston Net

4. Analisis Mikroplastik (MP)

a. Analisis Sampel Air

Sampel air difiltrasi menggunakan kertas saring (*whatman* 0.45 μm diameter 47 mm) dengan menggunakan alat vakum merek *Medi Pump*. Setelah dilakukan filtrasi, hasil saringan (kertas saring) dimasukkan ke dalam petri untuk selanjutnya dilakukan pengamatan karakteristik (bentuk,

ukuran dan warna) mikroplastik secara visual menggunakan Mikroskop Stereo (*Euromex Stereo Blue 1902*) dengan perbesaran $4,5 \times 10$. Mikroplastik yang telah ditemukan diletakkan di atas kaca preparat dan menutupnya menggunakan *cover glass*. Selanjutnya disimpan pada ruangan dengan suhu terjaga guna menghindari degradasi. Mengukur mikroplastik menggunakan *software* ImageJ. Jumlah mikroplastik dinyatakan sebagai kelimpahan dengan satuan jumlah mikroplastik yang ditemukan per volume tarikan pada setiap plot (MP/m^3).

b. Analisis *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

.Analisis *Fourier-Transform InfraRed* (FTIR) spektroskopi dilakukan untuk mendapatkan spektrum dari partikel yang diduga mikroplastik tersebut. *Particle Suspected Microplastics* (PSM) yang telah didapatkan kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR yang dicampurkan dengan KBr, diukur dengan spektrofotometer FTIR pada bilangan gelombang $340\text{--}4500\text{ cm}^{-1}$ dengan resolusi 4 dan jumlah scan 200 (Bakhri, 2011).

Spektroskopi IR inframerah mengukur absorbansi pada panjang gelombang yang berbeda untuk menemukan informasi vibrasi molekuler yang dapat memberikan informasi terkait struktur molekul. Energi cahaya yang diserap akan menyebabkan perenggangan ikatan kovalen. Perenggangan energi vibrasi antara dua atom akan meningkat dari satu menjadi tiga ikatan,

terusnya. Selanjutnya seiring dengan meningkatnya energi massa perenggangan vibrasi akan menurun. Sehingga absorbansi untuk atom



dan jenis ikatan, gugus fungsional dapat diidentifikasi. Misal, alkohol akan memiliki absorbansi O-H dan Gugus karbonil memiliki absorbansi perenggangan C=O (Vigren, 2015).

5. Analisis Statistik

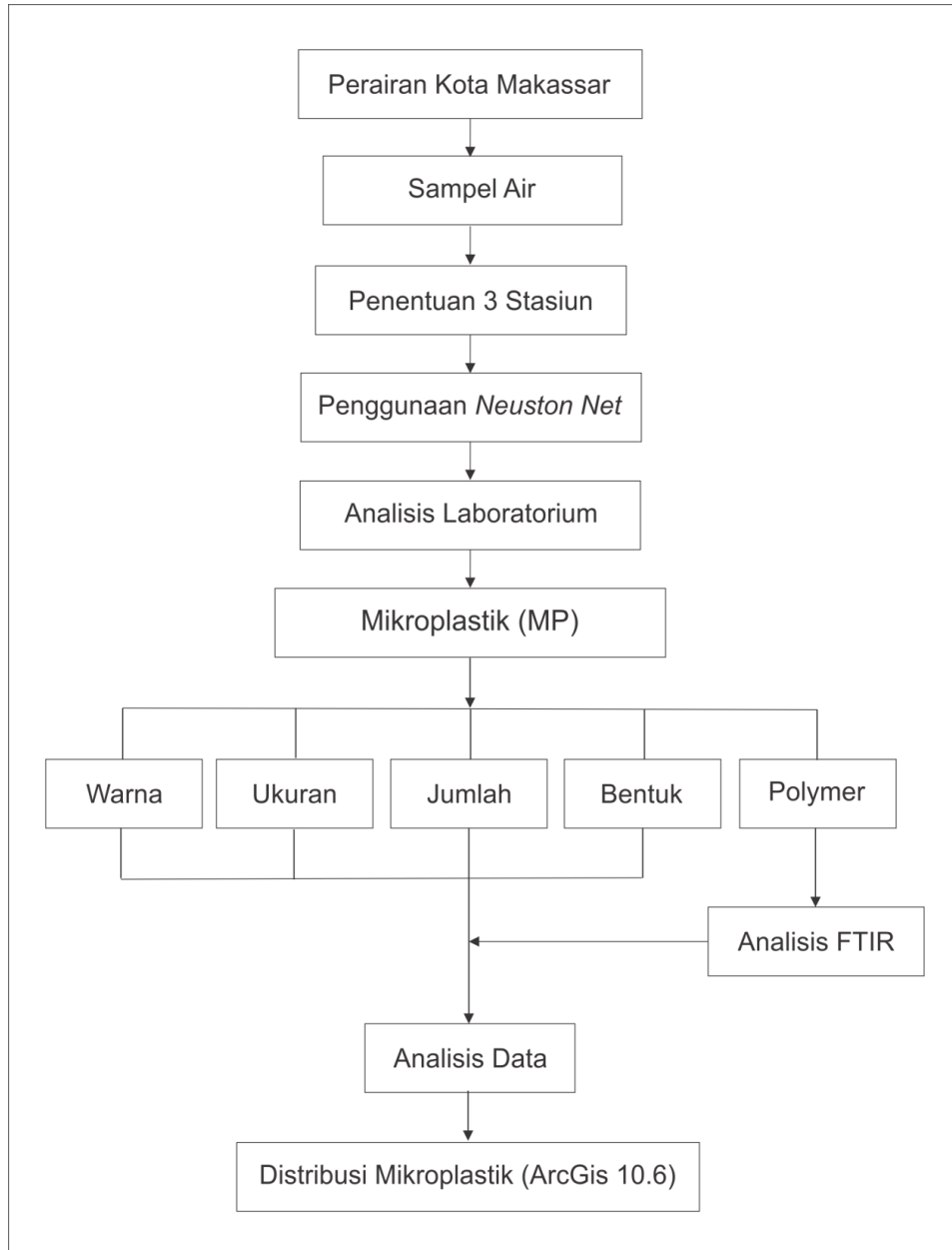
Rata-rata kelimpahan mikroplastik disajikan dalam bentuk histogram dan dianalisis deskriptif pada setiap stasiun. Metode analisis deskriptif menggunakan pendekatan kuantitatif (Nana Sudjana dan Ibrahim, 1989:64), mengemukakan bahwa penelitian deskriptif merupakan penelitian yang berusaha mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa dan kejadian yang terjadi pada saat sekarang dimana peneliti berusaha memotret peristiwa dan kejadian yang menjadi pusat perhatian untuk kemudian digambarkan sebagaimana adanya.

6. Distribusi Spasial Mikroplastik

Penentuan distribusi kelimpahan mikroplastik ditentukan berdasarkan titik pengambilan sampel dan jumlah mikroplastik yang ditemukan. Penentuan kelas interval kelimpahan mikroplastik menggunakan distribusi frekuensi. Pemetaan kelimpahan mikroplastik menggunakan metode analisis spasial dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG) berupa aplikasi *ArcMap* 10.6.



7. Bagan Alir Penelitian

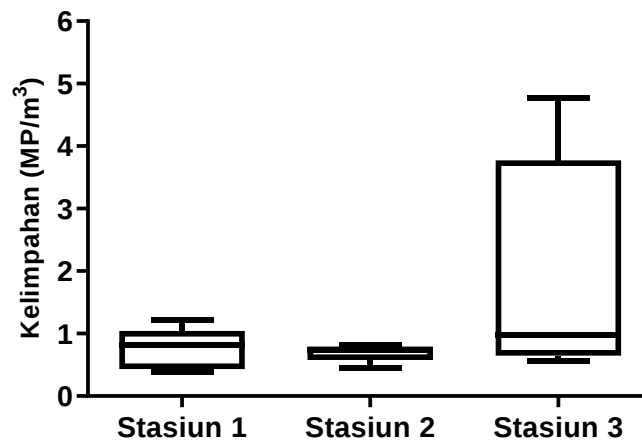


IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Kelimpahan Mikroplastik (MP) di Perairan Kota Makassar

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, total jumlah mikroplastik yang ditemukan pada ke tiga stasiun sebanyak 1.536 potong. Hasil penelitian pada Gambar 5 menunjukkan nilai kelimpahan mikroplastik di stasiun 1 berkisar 0,389 – 1,211 MP/m³ (rata-rata 0,753 MP/m³; median 0,811 MP/m³), stasiun 2 berkisar 0,456 – 0,811 MP/m³ (rata-rata 0,696 MP/m³; median 0,733 MP/m³) dan stasiun 3 berkisar 0,567 – 4,767 MP/m³ (rata-rata 1,965 MP/m³; median 0,987 MP/m³). Boxplot kelimpahan mikroplastik dapat dilihat pada Gambar (5).

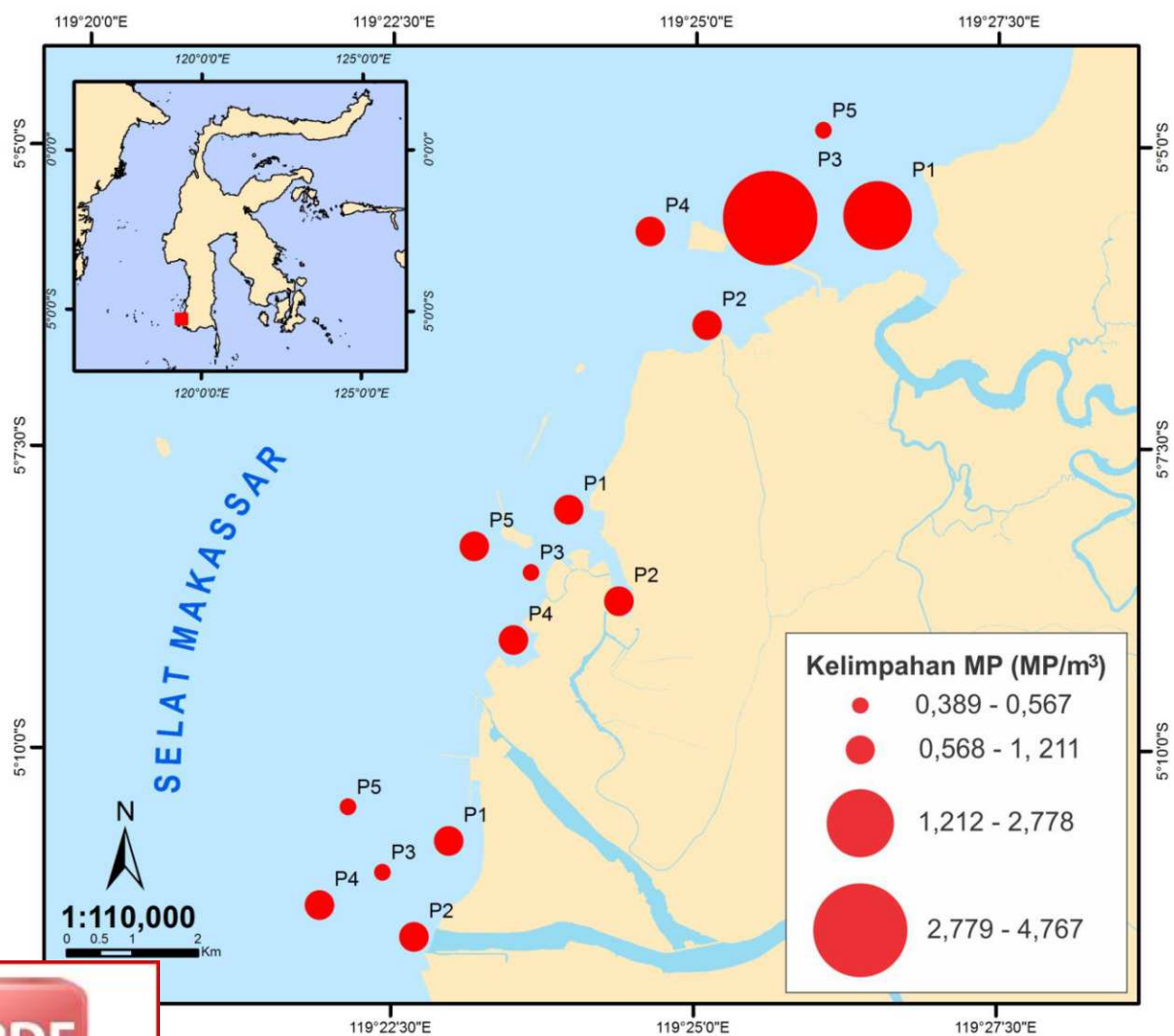


Gambar 5. Boxplot kelimpahan mikroplastik pada setiap stasiun (n=5 plot)

2. Distribusi Spasial Mikroplastik Di Perairan pesisir Kota Makassar

Berdasarkan hasil *overlay* diperoleh peta distribusi kelimpahan mikroplastik, di mana stasiun 3 berbeda dengan stasiun 1 dan 2. Kelimpahan

mikroplastik tertinggi berada pada stasiun 3 plot 1 sebesar 4,767 MP/m³, di mana stasiun ini dekat dengan muara sungai tallo, buangan limbah industri, limbah rumah tangga dan kawasan reklamasi. Sedangkan kelimpahan terendah ditemukan pada stasiun 1 plot 3 sebesar 0,389 MP/m³, di mana lokasi ini berada jauh dari muara sungai dan garis pantai. Peta distribusi kelimpahan mikroplastik dapat dilihat pada Gambar (6).

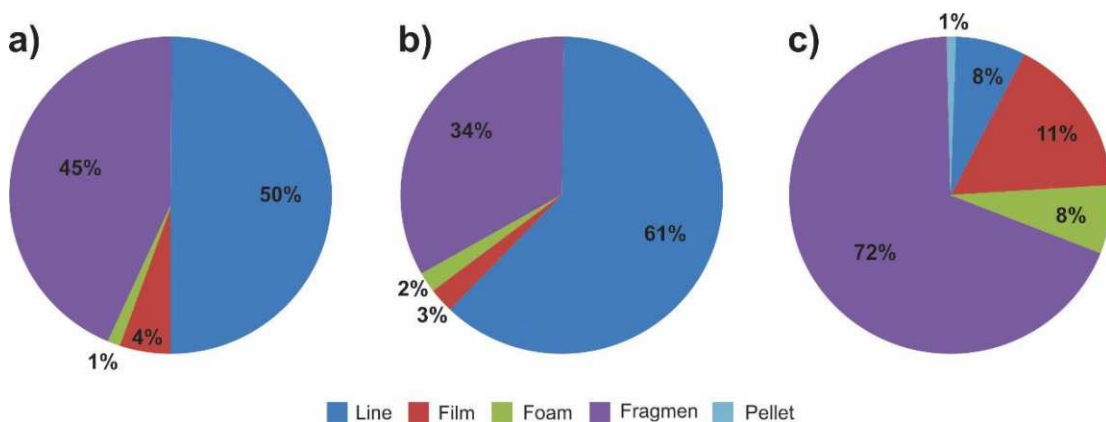


Gambar 6. Peta kelimpahan MP di permukaan perairan pesisir Kota Makassar



3. Bentuk Mikroplastik

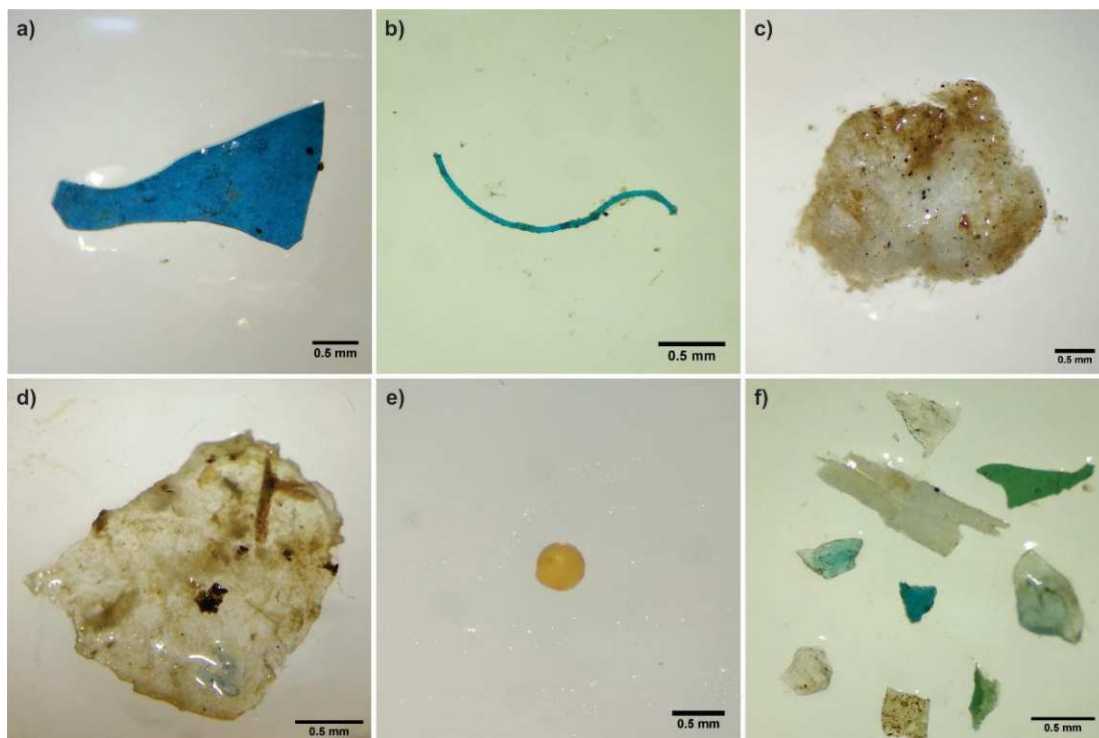
Hasil pengamatan bentuk mikroplastik dapat dilihat pada gambar 7. Pada stasiun 1 dan 2 bentuk mikroplastik yang mendominasi adalah line dengan nilai persentase 50% untuk stasiun 1 dan 61% untuk stasiun 2, sedangkan bentuk pellet tidak ditemukan pada kedua stasiun tersebut. Kemudian, pada stasiun 3 didominasi oleh fragment dengan nilai 72%, sedangkan bentuk pellet pada stasiun ini adalah 1%. Proporsi terbesar mikroplastik adalah fragment (72%), diikuti oleh line (61%).



Gambar 7. Persentasi bentuk mikroplastik: a) Stasiun 1; b) Stasiun 2; dan c) Stasiun 3;

Hasil pengamatan visual bentuk mikroplastik yang ditemukan pada sampel air terdiri dari fragment, line, foam, film, dan pellet. Bentuk tersebut dapat dilihat pada gambar 8.





Gambar 8. Bentuk mikroplastik yang ditemukan di permukaan perairan pesisir Kota Makassar: a) Fragment; b) Line; c) Foam; d) Film; e) Pellet; f) Mikroplastik Campuran

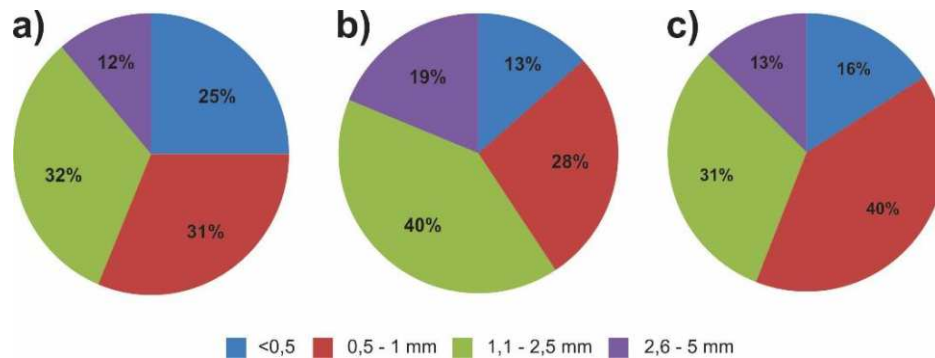
4. Ukuran Mikroplastik

Berdasarkan pengamatan mikroplastik yang ditemukan sebanyak 1.536 potong pada 15 titik pengambilan sampel. Pada stasiun 1 ukuran mikroplastik berada pada kisaran 0,107 - 4,978 mm dengan rata-rata 1,240 mm (339 potong). Stasiun 2 berada pada kisaran 0.133 - 4.995 mm (1.659 mm) (313 potong). Stasiun 3 berada pada kisaran 0.073 - 5.000 mm (1.333 mm) (884 potong).

Hasil pengukuran mikroplastik dikelompokkan menjadi 4 kelas ukuran

0,5 mm, 0,5 – 1 mm, 1.1 – 2,5 mm dan 2,5 - 5 mm. Persentasi kelas mikroplastik <0,5 mm adalah 13-25%; ukuran 0,5 - 1 mm (28-40%); 1 - 2,5 mm (31-40%); dan ukuran 2,6 - 5 mm (12 - 19%) (gambar 9).

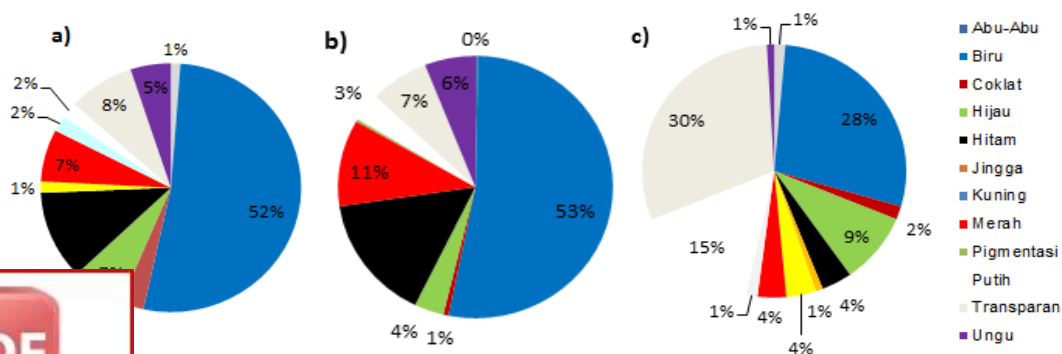
Kelimpahan mikroplastik tertinggi ditemukan pada kelas ukuran 1,1-2,5 mm, sedangkan kelimpahan terendah ditemukan pada kelas ukuran <0.5 mm.



Gambar 9. Distribusi kelas ukuran mikroplastik a) Stasiun 1 b) Stasiun 2 dan c) Stasiun 3

5. Warna Mikroplastik

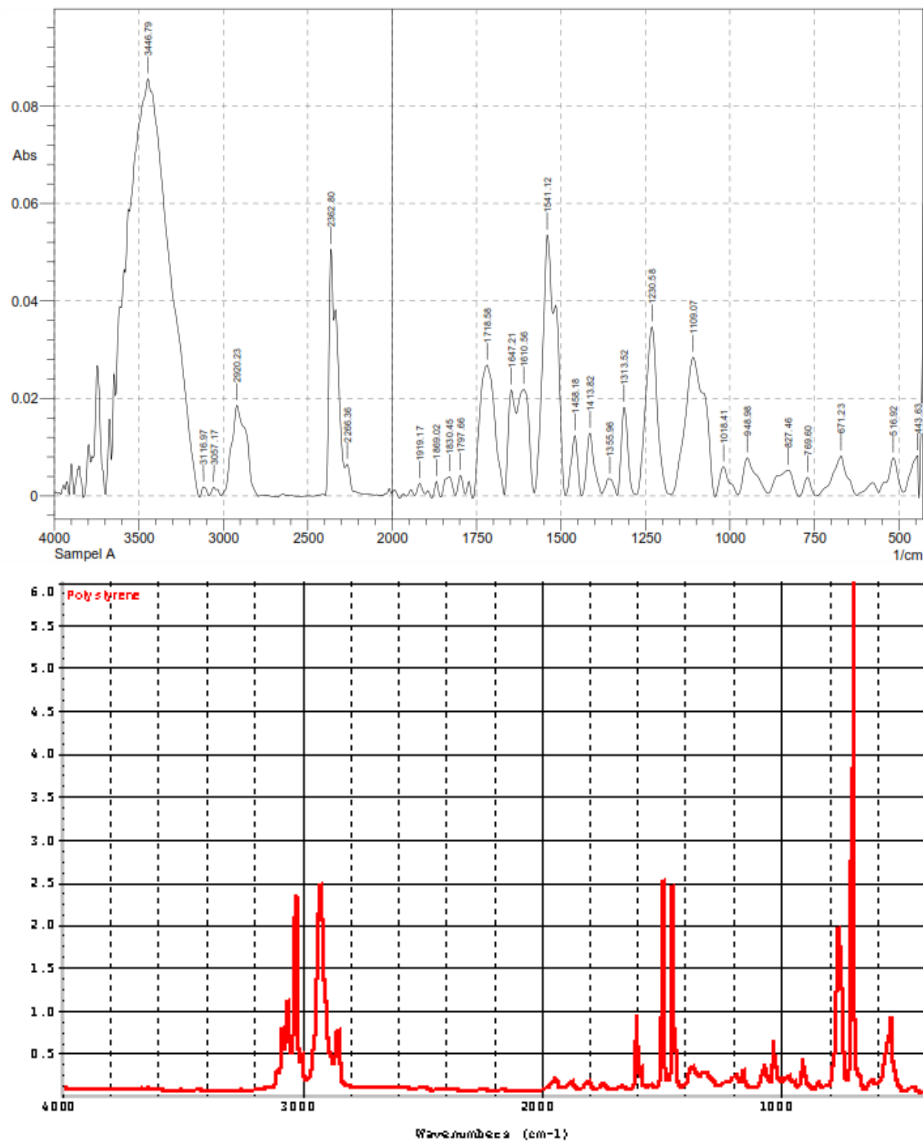
Hasil pengamatan mikroplastik ditemukan ada 12 jenis warna yang dikelompokkan berdasarkan stasiun. Pada semua stasiun, kehadiran warna mikroplastik paling banyak ditemukan adalah warna biru sebanyak 28 - 53% (594 MP). Kemudian, pada stasiun 1 dan 2 didominasi warna biru; sedangkan stasiun 3 warna tertinggi adalah transparan (30%), diikuti warna biru (28%) (gambar 10).



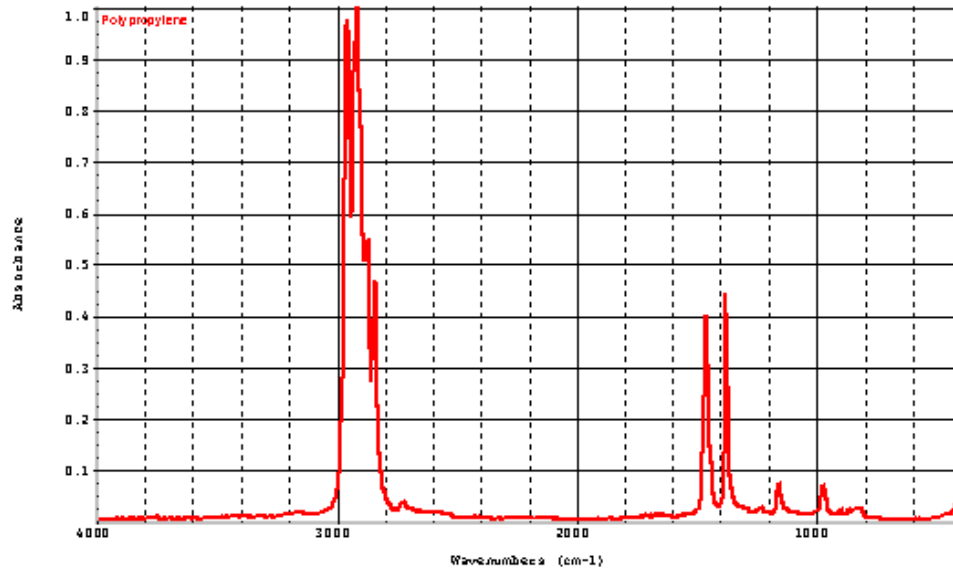
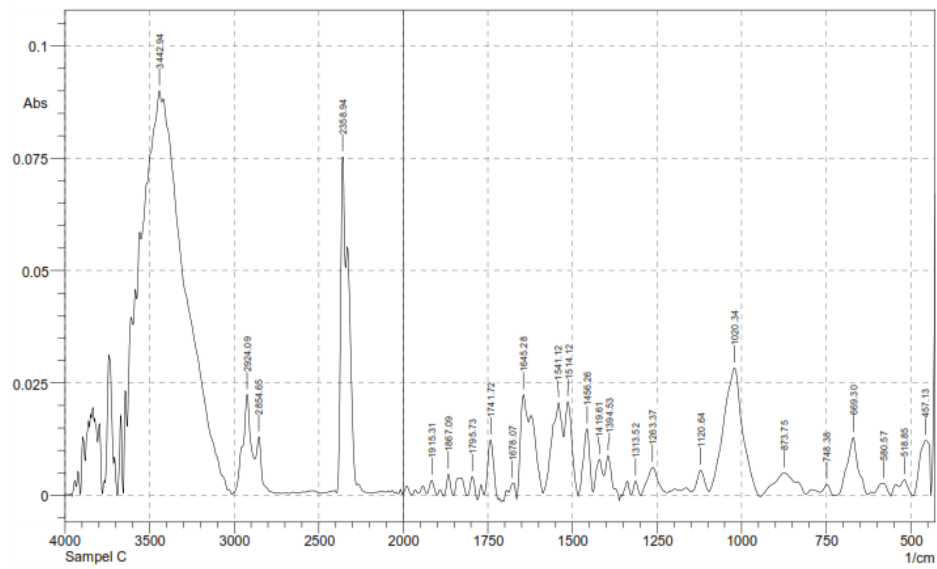
Gambar 10. Persentasi warna mikroplastik: a) Stasiun 1; b) Stasiun 2; dan c) Stasiun 3

6. Hasil Analisis FTIR Mikroplastik

Hasil analisis uji FTIR dilakukan pada beberapa sampel air ditemukan polimer *Polystyrene* (PS) (Gambar 11) dan *Polypropylene* (PP) (Gambar 12).



Gambar 11. Hasil FTIR mikroplastik yang memiliki kecocokan panjang gelombang dengan polimer *Polystyrene* (PS)

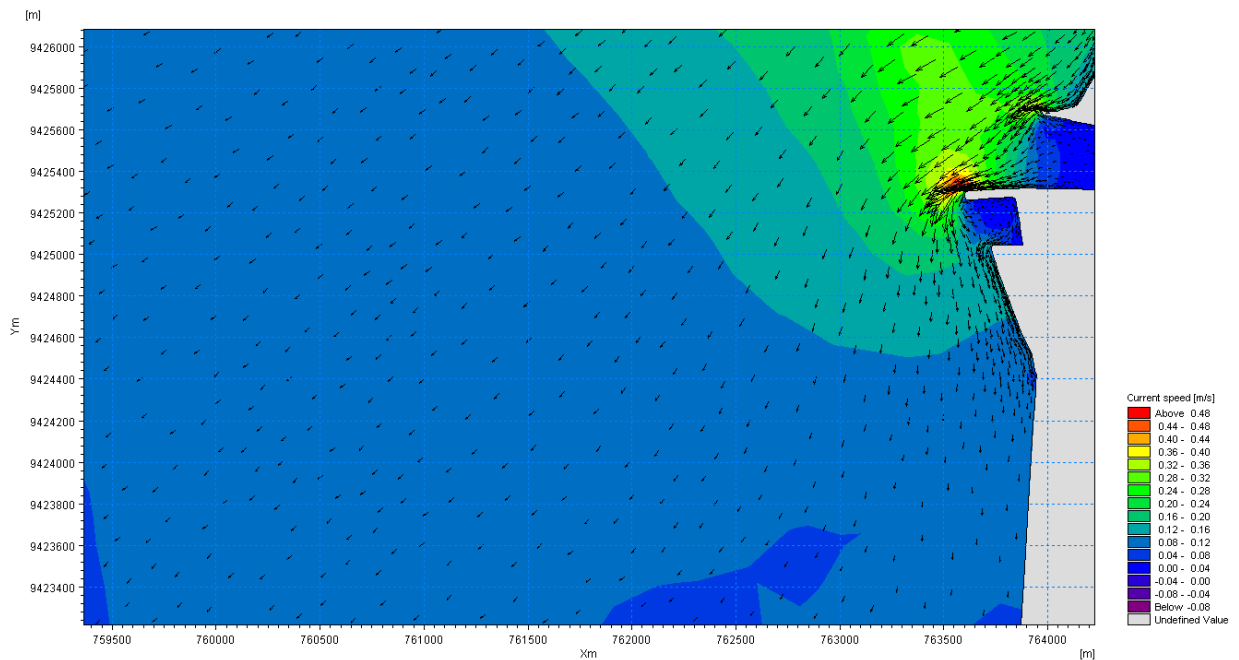


Gambar 12 . Hasil FTIR mikroplastik yang memiliki kecocokan panjang bilangan dengan polimer *Polypropylene* (PP)

7. Kondisi Oseanografi

a. Pola Arus

Stasiun 1 (Muara Sungai Jeneberang) pola sirkulasi arus permukaan pada saat menuju surut, terlihat pada arus permukaan cenderung bergerak ke arah barat daya menjauhi muara sungai dengan kecepatan 0,04-0,08 m/detik, dan berbelok ke arah selatan. Sedangkan muara sungai kecepatan arus cenderung meningkat dengan interval kecepatan sebesar 0,28-0,36 m/detik (Gambar 13).

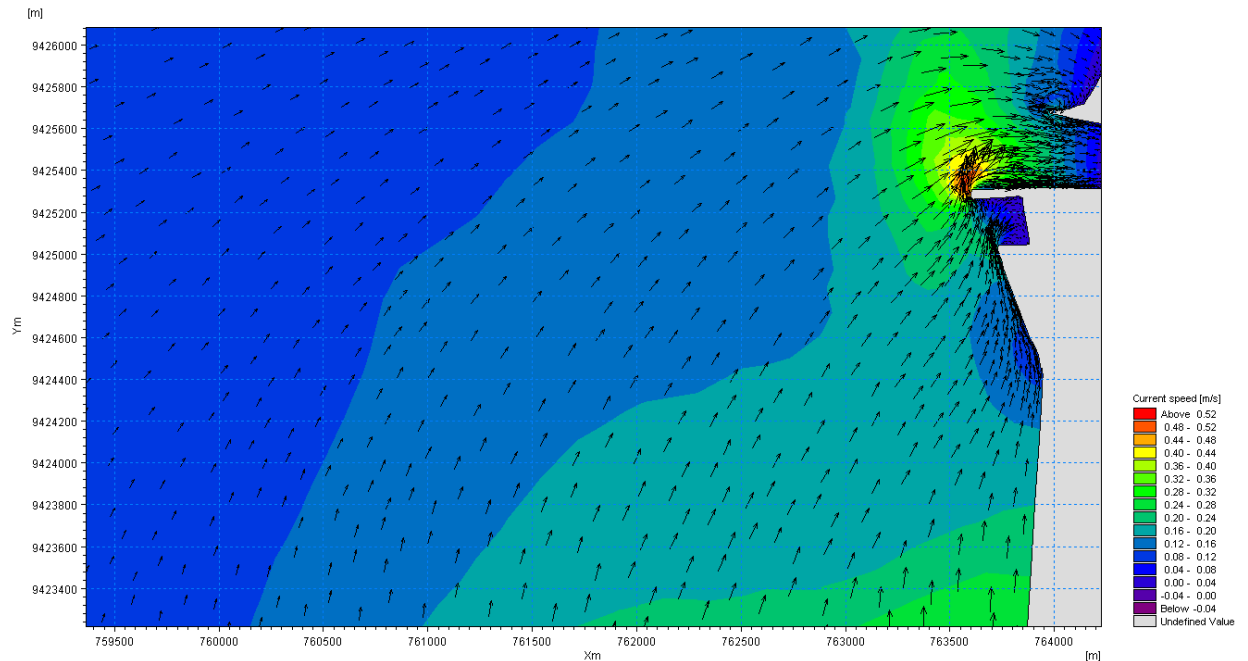


Gambar 13. Model arus pada saat menuju surut di Stasiun 1 tanggal 29 Oktober 2018 (Ilyas, 2019)

Stasiun 1 pada saat menuju pasang pola arus permukaan bergerak dari arah Barat Daya ke arah Utara dengan kecepatan 0,8-0,16 m/detik, dan menuju ke arah Timur garis pantai dan muara sungai. Sedangkan

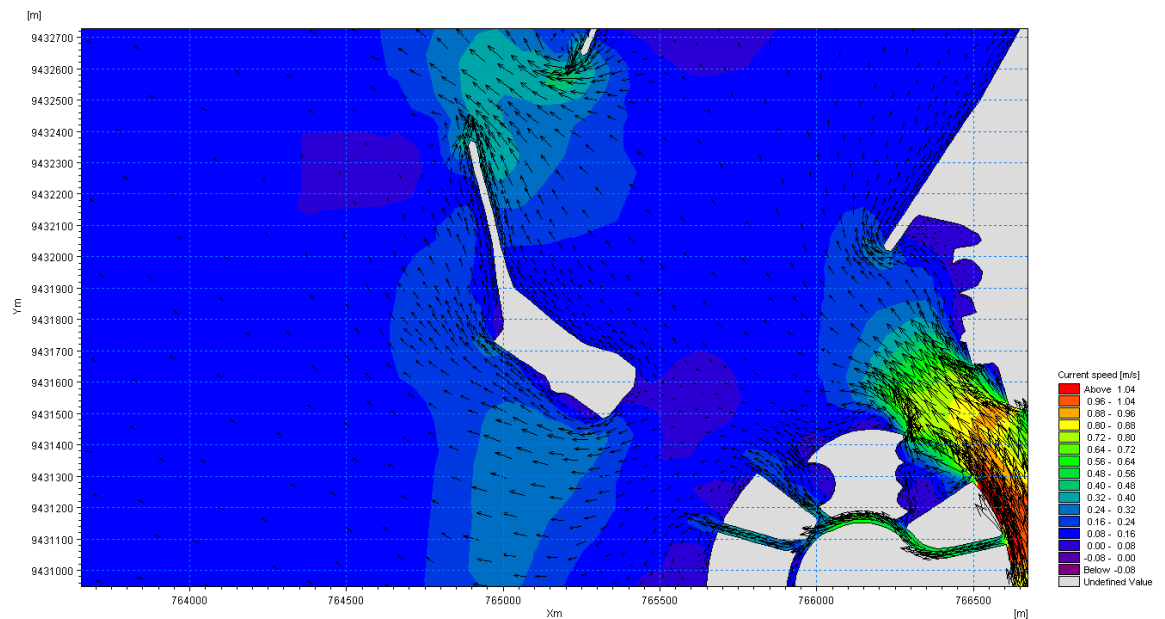


pada daerah muara sungai kecepatan arus lebih tinggi yakni berkisar 0,48-0,52 m/detik (Gambar 14).



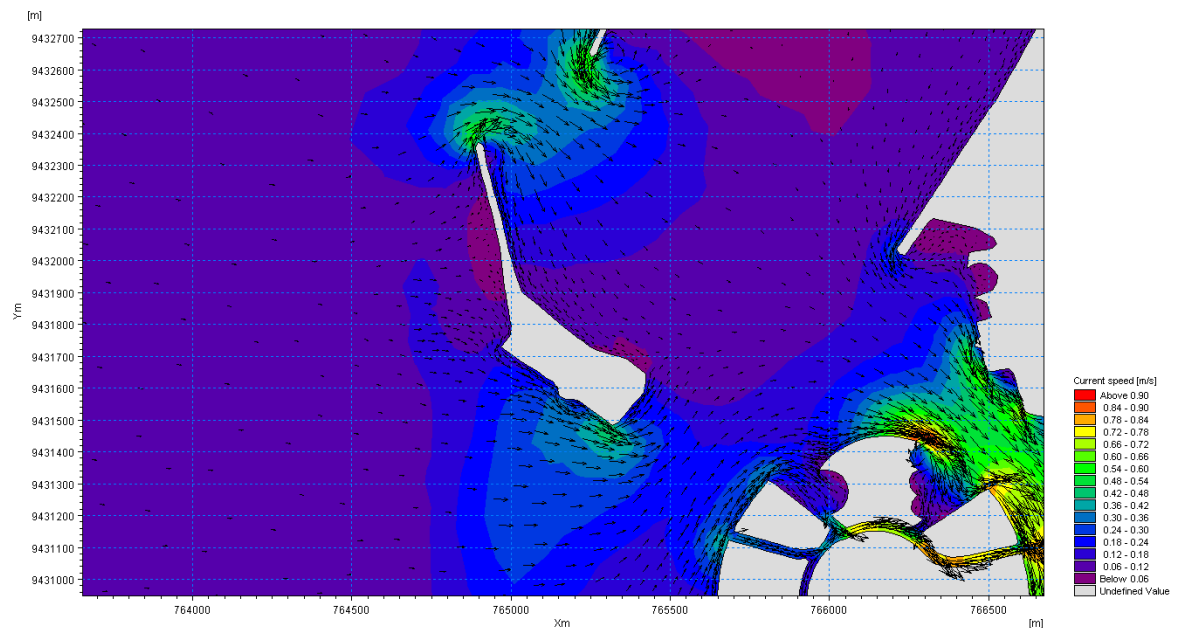
Gambar 14. Model arus saat menuju pasang di Stasiun 1 tanggal 29 oktober 2018 (Ilyas, 2019)

Stasiun 2 sirkulasi arus permukaan saat menuju surut cenderung bergerak ke arah Barat Laut dan Utara dengan kecepatan berkisar 0,08-0,16 m/detik. Sedangkan kecepatan arus yang berada diantara Kawasan CPI (Centre Point of Indonesia) dan Pantai Losari meningkat dengan interval sebesar 0,64-1,04 m/detik (Gambar 15).



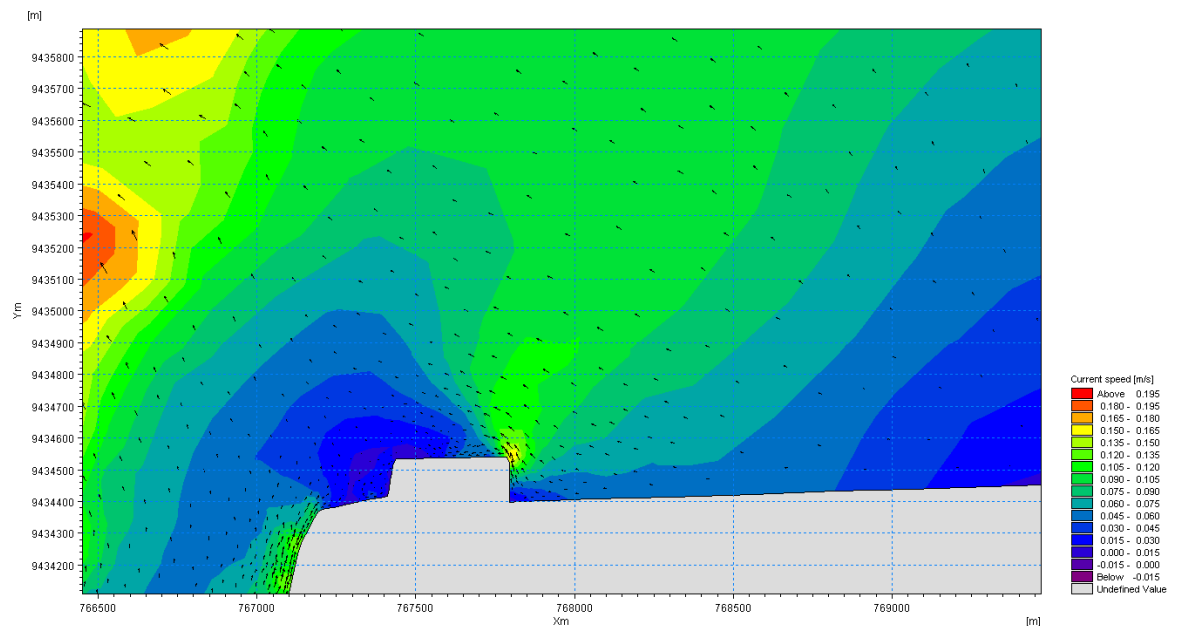
Gambar 15. Model arus saat menuju surut di Stasiun 2 tanggal 27 Oktober 2018 (Ilyas, 2019)

Pada saat menuju pasang pola arus permukaan bergerak dari arah Barat menuju ke arah Timur dengan kecepatan 0,06-0,24 m/detik. Kemudian, saat memasuki perairan Losari yang diapit oleh kawasan CPI dan Pantai Losari kecepatan arus meningkat dengan interval sebesar 0,60-0,84 m/detik (Gambar 16).



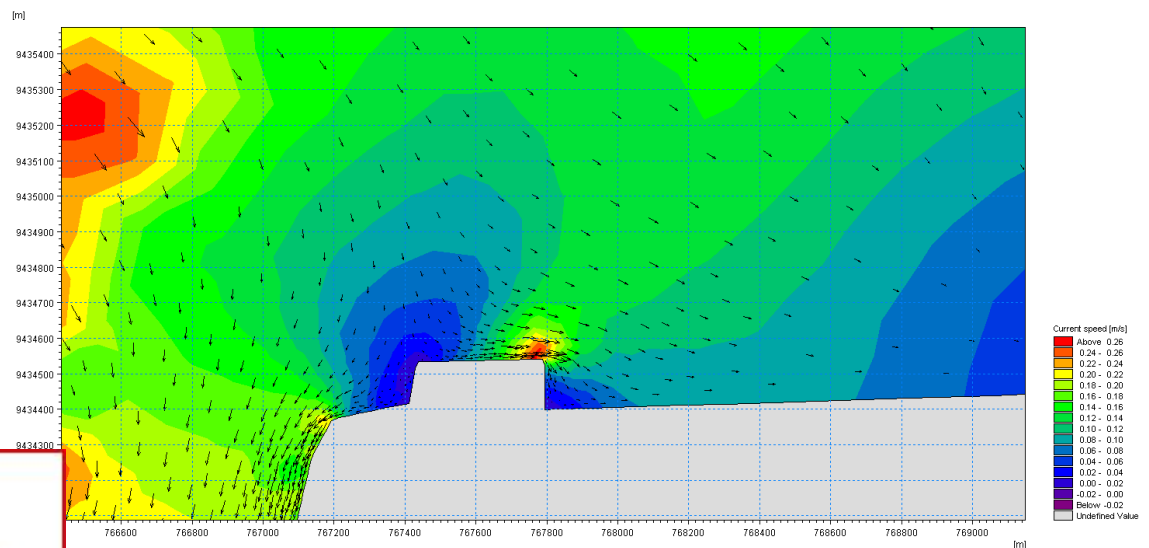
Gambar 16. Model arus saat menuju pasang di Stasiun 2 tanggal 27 Oktober 2018 (Ilyas, 2019)

Stasiun 3 sirkulasi arus saat menuju surut cenderung bergerak ke arah Barat mendekati kawasan reklamasi. Kecepatan arus meningkat dari muara sungai menuju kawasan CPI dengan kecepatan 0,15-0,20 m/detik. Sedangkan kecepatan arus yang bergerak dari arah Timur ke arah Barat berkisar 0,03-0,14 m/detik (Gambar 17).



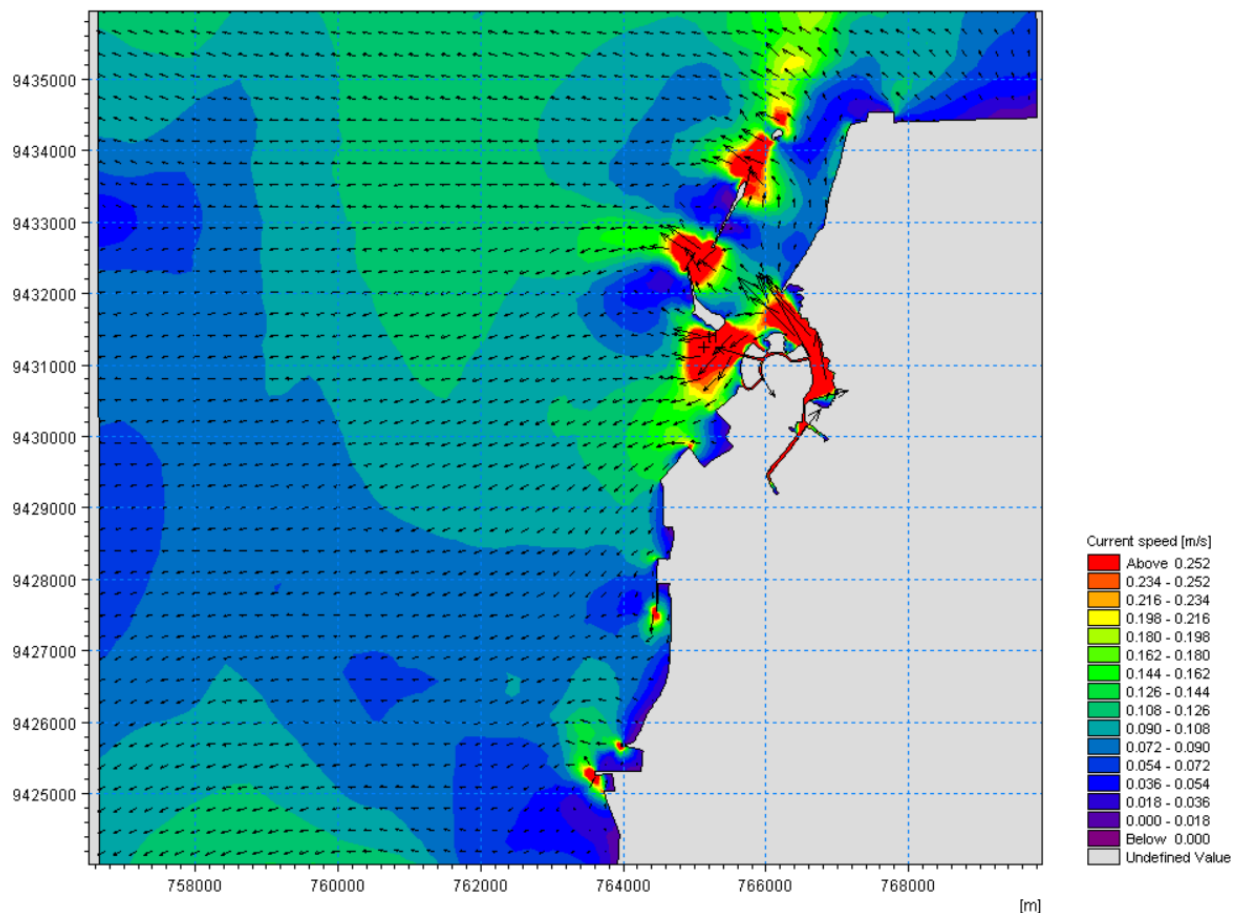
Gambar 17. Model arus saat menuju surut di Stasiun 3 tanggal 28 Oktober 2018 (Ilyas, 2019)

Kemudian, saat menuju pasang arus permukaan cenderung bergerak dari arah Barat ke Selatan dengan kecepatan 0,08-0,18 m/detik. Sedangkan di kawasan perairan reklamasi menuju muara sungai Tallo kecepatan arus meningkat dengan interval sebesar 0,20-0,26 m/detik (Gambar 18).



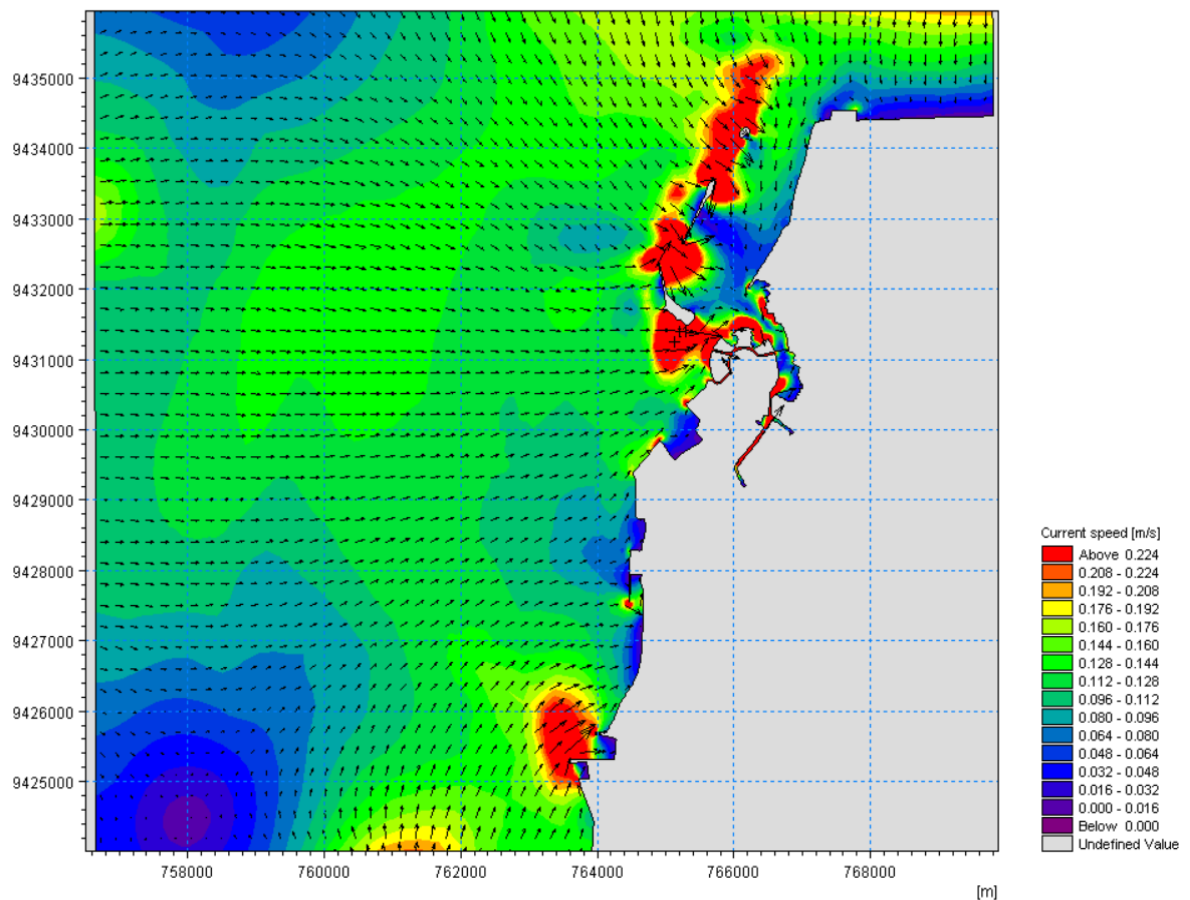
Gambar 18. Model arus saat menuju pasang di Stasiun 3 tanggal 28 Oktober 2018 (Ilyas, 2019)

Secara umum pola arus permukaan perairan Kota Makassar saat menuju surut lebih dominan bergerak ke barat hingga barat daya, namun sekitar perairan Losari sebagian arus terdefleksi ke utara dan sebagian ke barat daya dengan kecepatan arus bervariasi antara 0,05-0,16 m/detik. Namun, di beberapa lokasi mengalami peningkatan di sekitar kawasan perairan CPI dan Pantai Losari mengalami peningkatan dengan di interval kecepatan antara 0,21 hingga >0,25 m/detik (Gambar 19).



19. Pola arus permukaan saat menuju surut perairan Kota Makassar
 arus permukaan wilayah perairan Kota Makassar saat air menuju
 laju arus bergerak mendekati pantai dan terdefleksi ke arah Utara

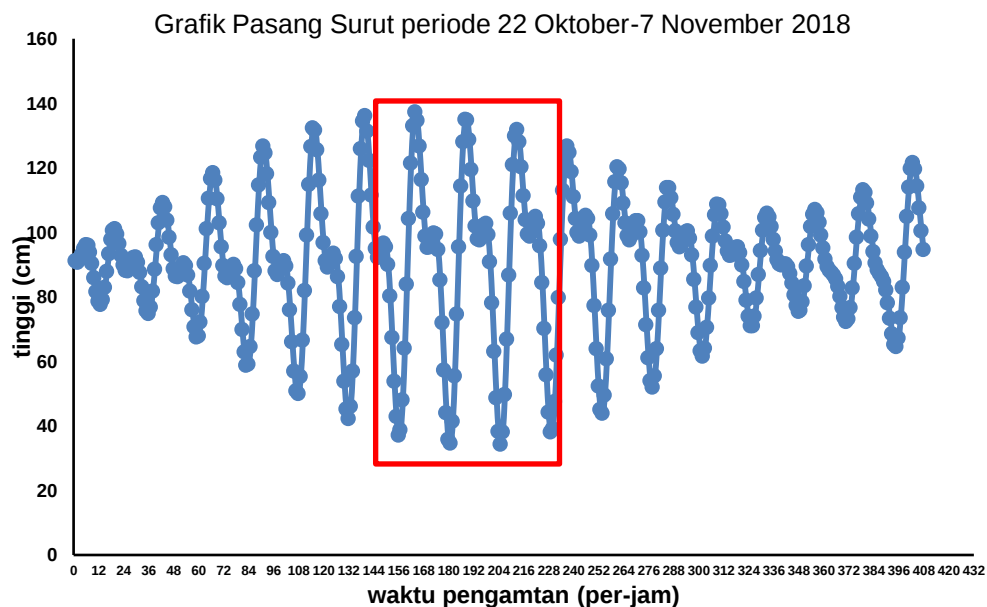
dan sebagian ke selatan di sekitar pelabuhan Soekarno Hatta hingga kawasan perairan CPI dengan interval kecepatan 0,11-0,22 m/detik. Hal ini menunjukkan perbedaan saat kecepatan, dimana kecepatan arus semakin meningkat saat menuju garis pantai terutama di kawasan perairan CPI dan muara sungai (Gambar 20).



Gambar 20. Pola arus permukaan saat menuju pasang perairan Kota Makassar

b. Pasang Surut

Secara umum kondisi pasang surut di Perairan Kota Makassar yang terjadi adalah semi diurnal (perubahan 6 jam). Data yang diperoleh pada tanggal 27 Oktober – 7 November 2018 diprediksi bahwa pasang tertinggi terjadi pada tanggal 28 Oktober 2018 yakni 130 cm. Sedangkan surut terendah terjadi pada tanggal 29 Oktober 2018 yakni 30 cm (Gambar 21).



Gambar 21. Grafik pasang surut pada tanggal 22 Oktober - 7 November 2018

B. Pembahasan

1. Keadaan Umum Lokasi

Kota Makassar merupakan kota yang terletak di daerah pesisir. Secara geografis terletak pada $119^{\circ}24'17,38''$ BT dan $5^{\circ}8'6,19''$ LS yang berbatasan dengan Kabupaten Maros, sebelah utara dan timur dengan Kabupaten Maros, sebelah selatan dengan Kabupaten Maros, sebelah barat dengan Kabupaten Maros.



Kabupaten Gowa dan sebelah barat dengan Selat Makassar. Luas wilayah Kota Makassar 175,77 km persegi yang meliputi 15 kecamatan (BPS, 2018). Tahun 2017 penduduk kota makassar mencapai 8.741 jiwa/km² (BPS, 2018). Sedangkan jumlah penduduk berdasarkan kecamatan pada setiap stasiun penelitian dapat dilihat pada Tabel (5).

Table 5. Jumlah Penduduk Kota Makassar Tahun 2017 Berdasarkan Kecamatan

Lokasi Sampling	Kecamatan	Jumlah penduduk (Jiwa)
Stasiun 1	Tamalate	198.210
	Mariso	59.721
Stasiun 2	Ujung Pandang	28.696
	Tallo	139.624
Stasiun 3	Tamalanrea	113.439
	Ujung Tanah	49.528

Sumber : Data BPS (2018)

Stasiun 1 berlokasi pada daerah muara sungai dan wisata pantai, yang mana masuk dalam Kecamatan Tamalate dan Mariso dengan jumlah penduduk 198.210 jiwa, termasuk stasiun dengan jumlah penduduk sedang. Stasiun 2 yang berlokasi di daerah pesisir, Kecamatan Ujung Pandang dan Tallo dengan jumlah penduduk 88.417 jiwa yang merupakan stasiun dengan jumlah penduduk terendah. Sedangkan stasiun 3 berlokasi pada daerah muara sungai dan pusat kegiatan industri, yang mana masuk dalam Kecamatan Tallo, Tamalanrea dan Ujung Tanah dengan jumlah penduduk

jiwa, termasuk stasiun dengan jumlah penduduk tertinggi bila
 gkan dengan 2 stasiun lainnya. Adapun titik koordinat sampling
 ihat pada Tabel 6.



Table 6. Data Koordinat Stasiun Sampling

Lokasi	Titik Awal Penarikan		Titik Akhir Penarikan	
	S	E	S	E
S1-P1	5°10'41,748"	119°23'7,275"	5°10'38,699"	119°22'54,672"
S1-P2	5°11'31,361"	119°22'48,455"	5°11'28,065"	119°22'38,227"
S1-P3	5°10'57,122"	119°22'32,647"	5°10'53,825"	119°22'22,656"
S1-P4	5°11'14,867"	119°22'0,878"	5°11'12,047"	119°21'50,652"
S1-P5	5°10'25,509"	119°22'15,186"	5°10'23,401"	119°22'5,675"
S2-P1	5°7'57,954"	119°23'50,611"	5°8'7,468"	119°23'53,972"
S2-P2	5°8'39,984"	119°24'24,501"	5°8'48,308"	119°24'27,858"
S2-P3	5°8'29,698"	119°23'33,15"	5°8'38,735"	119°23'36,747"
S2-P4	5°9'1,37"	119°23'34,694"	5°9'10,648"	119°23'37,579"
S2-P5	5°8'13,575"	119°23'13,373"	5°8'21,898"	119°23'16,967"
S3-P1	5°5'36,493"	119°26'37,639"	5°5'29,777"	119°26'32,518"
S3-P2	5°6'31,163"	119°25'11,913"	5°6'22,821"	119°25'6,786"
S3-P3	5°5'41,105"	119°25'44,848"	5°5'32,996"	119°25'39,722"
S3-P4	5°5'45,512"	119°24'44,642"	5°5'37,403"	119°24'39,517"
S3-P5	5°4'55,254"	119°26'11,08"	5°4'46,681"	119°26'5,72"

Sebagai kota metropolitan, Kota Makassar berkembang pesat seiring dengan pertumbuhan pembangunan Nasional. Hal tersebut ditandai dengan laju pertumbuhan ekonomi. Dalam 5 (lima) tahun terakhir, pertumbuhan ekonomi masih berfluktuasi, yakni dari 8,55% pada tahun 2013 menjadi 8,23% pada tahun 2017. Nilai PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) meningkat, yakni sebesar 76.907,41 miliar Rupiah (2013) menjadi 103.857,09 miliar Rupiah (2017) (BPS, 2013-2017).

Perkembangan industri berjalan dengan pesat. Jumlah industri besar dan menengah di Kota Makassar pada tahun 2016 tercatat 56 perusahaan, dengan

tenaga kerja 753 orang, dan nilai output sebesar Rp.240.042.740,- (BPS, 2016). Berkembangnya sektor industri, memberikan dampak yang positif dan dampak negatif. Dampak positifnya berupa perluasan lapangan pekerjaan dan peningkatan pendapatan penduduk, sedangkan dampak negatifnya adalah tingginya laju perubahan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kaidah ekologi, urbanisasi yang kurang terkendali, pertumbuhan penduduk yang tinggi, serta pencemaran lingkungan.

Kompleksnya aktivitas di perairan pesisir Kota Makassar dan sekitarnya menyebabkan tercemarnya perairan pesisir. Sumber pencemaran ini berasal dari kegiatan industri, perikanan, pelabuhan, perhotelan, pariwisata bahari dan rumah tangga (Sudding *et al.*, 2012). Salah satu pencemaran lingkungan yang dihasilkan adalah penumpukan sampah, dimana produksi sampah per hari yang dihasilkan sebesar 6.485,65 m³ (BPS, 2018). Akibatnya, limbah plastik akan menemukan jalan masuk ke badan sungai dan berakhir di lingkungan laut.

Hamzah (2007), mengemukakan bahwa pencemaran di perairan pesisir Kota Makassar diduga sangat tinggi karena terdapat dua sungai besar yakni, Sungai Jenneberang dan Sungai Tallo serta kanal/drainase kota yang semuanya bermuara di perairan pesisir Kota Makassar. Perairan pesisir di sekitar kawasan Metro Tanjung Bunga merupakan muara dari saluran

ngan (kanal) Jongaya yang membelah Kota Makassar dengan mencapai 6.565 meter. Terdapat sebuah pintu kontrol yang



memecah kanal menjadi dua arah, yaitu Kanal Sinrijala, yang mengarah ke Sungai Pampang dan Kanal Pannampu yang langsung menuju laut. Masing-masing kanal ini panjangnya berkisar 4.000 meter (Sudding *et al.*, 2012). Sungai Tallo merupakan salah satu sungai utama di Kota Makassar yang mengalir ke Selat Makassar. Perairan muara Sungai Tallo mengalami tekanan yang tinggi karena keberadaan pemukiman, Kawasan Industri Makassar (KIMA), PLTU, industri pabrik tripleks, pertambakan dan pertanian. Muara Sungai Tallo yang terletak di sisi utara Kota Makassar sangat dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut. Bagian dasar sungai posisinya lebih dalam dari pada muka laut sehingga mengakibatkan air asin dapat dijumpai pada jarak sepanjang kurang lebih 10 km (Latif *et al.*, 2012).

Dalam penelitian World Bank (2018) yang dilakukan pada 15 kota besar di Indonesia mengenai sampah plastik di saluran air limbah kota. Dari 15 kota tersebut, peringkat pertama sampah terbanyak pada aliran limbah kota yaitu Kota Makassar dengan presentase limbah sampah terbanyak dari jenis plastik meliputi: kantong plastik 25%, kemasan plastik 14,4%, popok 23,7%, gelas plastik 2,6%, botol plastik 0,3%, dan plastik lainnya 2,1%.

2. Kelimpahan & Distribusi Spasial Mikroplastik

Hasil penelitian dilakukan pada 3 stasiun dan setiap stasiun terdiri dari 5 plot. Stasiun 1 meliputi: wilayah Pantai Tanjung Bunga dan Muara Sungai Tallo, stasiun 2 meliputi: wilayah Pantai Losari dan Perairan Reklamasi



CPI (Central Point Indonesia) dan Stasiun 3 meliputi: wilayah Muara Sungai Tallo dan Pelabuhan Paotere.

Berdasarkan analisis deskriptif terdapat perbedaan kelimpahan pada setiap stasiun pengambilan sampel. Kelimpahan mikroplastik tertinggi ditemukan pada stasiun 3 plot 3. Hal ini diduga terkait dengan limbah buangan yang berasal dari kawasan padat penduduk (Tabel 6) dan kegiatan industri misalnya: Kawasan Industri Makassar (KIMA), PLTU, industri pabrik tripleks, kegiatan reklamasi, pertambakan, pertanian dan aktifitas masyarakat di sepanjang muara sungai Tallo (Latif *et al.*, 2012). Selain itu, sungai Tallo terhubung dengan kanal pampang yang melintasi pusat Kota Makassar dapat menyebabkan limbah sampah plastik meningkat dan terpapar masuk ke dalam lingkungan laut. Sedangkan, kelimpahan terendah ditemukan pada stasiun 1 plot 3, yakni berada jauh dari muara sungai dan garis pantai. Temuan World Bank (2018) menyebutkan Kota Makassar sebagai salah satu hotspot penghasil sampah plastik tertinggi dalam limbah saluran air perkotaan.

Berdasarkan hasil penelitian ini rata-rata kelimpahan mikroplastik di permukaan perairan pesisir Kota Makassar ditemukan sebesar $(5,689 \pm 2,068 \text{ MP/m}^3)$, lebih rendah dari yang ditemukan di sepanjang sungai Kota Guangzhou dan muara Sungai Pearl (Cina) dengan kelimpahan rata-rata

19.860 MP/m^3 dan 8.902 MP/m^3 (Yan *et al.*, 2019); perairan Muara Yangtze (Cina) sebesar $4.137,3 \pm 2.461,5 \text{ MP/m}^3$ (Zhao *et al.*, 2014);



permukaan perairan pesisir Korea sebesar 1.736 MP/m^3 (Song *et al.*, 2018); perairan pesisir California Selatan sebesar $7,25 \text{ MP/m}^3$ (Moore *et al.*, 2002). Namun, lebih tinggi bila dibandingkan di perairan pantai Laut Cina Timur sebesar $0,167 \pm 0,138 \text{ MP/m}^3$ (Zhao *et al.*, 2014); perairan pesisir Tuscany (Italia) sebesar $0,16 \pm 0,47 \text{ MP/m}^3$ (Baini *et al.*, 2018); Santa Monica sebesar $3,92 \text{ MP/m}^3$ (Lattin *et al.*, 2004); Samudera Artik sebesar $2,68 \pm 2,95 \text{ MP/m}^3$ (Lusher *et al.*, 2015); Samudera Atlantik Timur Laut sebesar $2,46 \pm 2,43 \text{ MP/m}^3$ (Lusher *et al.*, 2014); dan Samudera Atlantik sebesar $1,15 \pm 1,45 \text{ MP/m}^3$ (Kanhai *et al.*, 2016). Variasi kelimpahan mikroplastik dapat disebabkan oleh kondisi daerah, kepadatan penduduk, dan metode sampling (Lusher *et al.*, 2014; Zhao *et al.* 2014).

Distribusi dan transportasi mikroplastik dipengaruhi oleh beberapa faktor misalnya; kepadatan polimer, gaya hidrodinamik, arus, angin, salinitas dan *biofouling* (Zhang *et al.*, 2017). Keberadaan mikroplastik di perairan yang terus meningkat, disebabkan oleh akumulasi sampah plastik yang masuk ke dalam lingkungan laut dan mengalami proses fragmentasi yang disebabkan oleh sinar UV-B, gelombang dan suhu (Andrady, 2011). Hardesty dan Wilcox (2011) mengemukakan bahwa sumber utama sampah laut berasal dari sungai dan kawasan padat penduduk. Pawar *et al.*, (2016) dan Pedrotti *et al.*, (2016) juga menjelaskan bahwa sumber plastik dapat berasal dari daratan

pantai. Begitu pun Murphy *et al.*, (2016) mengemukakan bahwa kelimpahan mikroplastik berhubungan dengan kepadatan penduduk, dimana



semakin padat suatu wilayah maka semakin tinggi kehadiran mikroplastik dari instalasi pengolahan air limbah. Demikian pula Eriksen *et al.*, (2013) dan Yonkos *et al.*, (2014) menjelaskan bahwa keberadaan dan kelimpahan mikroplastik di muara sungai berasal dari air sungai pedalaman serta berkorelasi positif dengan kepadatan penduduk dan pembangunan kota. Selain itu, Boucher dan Friot (2017) menjelaskan bahwa 98% mikroplastik primer di perairan merupakan hasil aktifitas dari daratan. .

3. Bentuk Mikroplastik

Hasil identifikasi menunjukkan mikroplastik yang ditemukan di kelompokkan menjadi 5 bentuk yaitu: line, film, foam, fragment dan pellet (Gambar 8).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fragment adalah salah satu bentuk yang paling mendominasi, lalu diikuti line, film dan foam. Bentuk fragment berasal dari mikroplastik sekunder yang banyak dihasilkan dari limbah penduduk. Fragment merupakan hasil potongan-potongan plastik yang berukuran makro seperti kantong plastik, botol minuman galon plastik, dll (Andrady, 2011; Browne *et al.*, 2010; Tanaka dan Takada, 2016). Line berasal dari fragmentasi tali, jaring dan kain kain sintetis (Zhou *et al.*, 2018). Foam adalah hasil dari potongan styrofoam dan spons (Tanaka dan Takada, 2016; Zhou *et al.*, 2018). Sedangkan pellet adalah bentuk yang paling sedikit

an. Bentuk pellet berasal dari mikroplastik primer yang banyak an pada pembersih wajah dan tangan, dan *scrubber* kosmetik



(Derraik, 2002; Cole *et al.*, 2011). Selain itu, pellet digambarkan sebagai bentuk keras, teratur, disc, partikel plastik berbentuk ovoid atau silinder (Zhou *et al.*, 2018).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bentuk mikroplastik yang banyak ditemukan di permukaan air adalah fragment. Hal ini disebabkan adanya faktor densitas dan bentuk permukaan yang lebih luas sehingga memungkinkan fragment lebih banyak berada di permukaan air. Temuan Baini *et al.*, (2018) menemukan bentuk mikroplastik yang dominan di perairan pesisir Tuscany (Italia) adalah fragment. Begitu pun penelitian di air Danau Hovsgol di Mongolia dan Muara Tamar di Inggris ditemukan proporsi mikroplastik yang tinggi adalah fragment dan film (Free *et al.*, 2014; Sadri dan Thompson, 2014). Partikel mikroplastik yang paling sering ditemukan dalam ekosistem air adalah fragment dari sampah plastik yang lebih besar dan serat tekstil (Van *et al.*, 2015). Selain itu, mikroplastik banyak juga ditemukan dalam sedimen misalnya jenis line. Pada penelitian Nimzet (2019) di Kepulauan Balak-Balakang bentuk mikroplastik yang banyak ditemukan di sedimen adalah line yang tersebar ke dalam 3 pulau lokasi pengamatan. Pulau Samataha 64 partikel mikroplastik (68%), Pulau Salissingan sebanyak 183 partikel mikroplastik (91%), dan Pulau Sakabattang sebanyak 260 partikel mikroplastik (92%). Bentuk mikroplastik yang ditemukan di sedimen

ya memiliki densitas lebih besar (*high density*) daripada densitas air, dan densitas rendah umumnya ditemukan di permukaan air. Namun,



mikroplastik dengan densitas rendah dapat mencapai ke dasar perairan melalui proses *biofouling*, dimana proses tersebut dapat meningkatkan densitas dari mikroplastik dan menyebabkan mikroplastik masuk ke dasar perairan (sedimen) (Artham *et al.*, 2009; Andrady 2011; Reisser *et al.*, 2013).

4. Ukuran Mikroplastik

Berdasarkan penelitian ini, nilai persentase kelimpahan mikroplastik tertinggi ditemukan pada kelas ukuran 1,2-2,5 mm (31-40%), sedangkan kelimpahan terendah berada pada kelas 2,6-5 mm (12-19%). Kelimpahan mikroplastik tertinggi pada kelas 1,2-2,5 mm yang ditemukan terdapat kesamaan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian Syakti *et al.*, 2017 menemukan kelimpahan mikroplastik di perairan Pantai Cilacap berada pada ukuran <2.5 mm (20-46%). Penelitian Baini *et al.*, (2018) kelimpahan mikroplastik di perairan pesisir Tuscany (Italia) ditemukan pada ukuran 1-2,5 mm (60%), yang terdiri dari 4 kelas ukuran (<0,5 mm; 0,5-1 mm; 1-2,5 mm; dan 2,5-5 mm). Kemudian, Zhao *et al.*, (2014) menemukan mayoritas mikroplastik di perairan Muara Sungai Yangtze (Cina) berukuran <1 mm. Penurunan ukuran partikel akan meningkatkan kelimpahan mikroplastik (Barnes *et al.* 2009; Zhao *et al.*, 2014).

Troyer (2015) menemukan bahwa perbedaan distribusi ukuran mikroplastik, menunjukkan bahwa mikroplastik berukuran besar belum cukup perbedaan distribusi ukuran mikroplastik disebabkan pengaruh kondisi



hidrodinamik (Troyer, 2015), kecepatan angin (Kukulka *et al.*, 2012), dan adanya bio-fouling (Pedrotti *et al.*, 2016).

Kelas ukuran <1 mm dan <2-5 mm dapat menimbulkan polutan terhadap organisme laut. Mikroplastik dengan ukuran <1 mm memiliki kisaran ukuran yang sama dengan makanan biota laut besar kemungkinan dapat dikonsumsi oleh berbagai organisme laut (Lusher *et al.*, 2013; Tanaka *et al.*, 2013). Bahaya potensial utama yang terkait dengan konsumsi mikroplastik oleh burung, ikan, dan invertebrata dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan mencari makan dan stimulus makan, hilangnya nutrisi dan penyumbatan usus, dan bahkan kematian (Ashton *et al.*, 2010; Cole *et al.*, 2013; Hamer *et al.*, 2014). Penelitian pada ikan menunjukkan bahwa mikroplastik dan toksin dapat terakumulasi dan menyebabkan masalah seperti kerusakan usus dan perubahan profil metabolik (Li *et al.*, 2017). Kemudian, mikroplastik dapat menjalankan tugas sebagai pembawa kontaminan organik termasuk aditif kimia, senyawa organik hidrofobik dan hidrokarbon aromatik polisiklik) serta akan berdampak toksik pada manusia. (Mato *et al.*, 2001; Karapanagioti *et al.*, 2011, Zhang *et al.*, 2018).

5. Warna Mikroplastik

Hasil penelitian ini menunjukkan proposi warna terbesar ditemukan adalah warna biru 53%, diikuti warna transparan sebesar 30%. Dalam Yan *et al.*, (2019) bahwa warna mikroplastik di muara Sungai Pearl



(Cina) didominasi warna biru dan transparan. Warna mikroplastik dapat menyerupai makanan, sehingga dapat termakan oleh organisme laut.

Keberadaan warna mikroplastik di perairan dapat memberi informasi tambahan. Kuhn *et al.*, (2015) menemukan bahwa mikroplastik yang berada di permukaan air umumnya berwarna terang. Carpenter *et al.*, (1972) melaporkan bahwa sampah laut berwarna terang menyumbang 94% dari total di Laut Sargasso; kemudian, ditemukan dalam saluran pencernaan burung laut terdapat 85% dari sampah plastik berwarna terang. Studi yang dilakukan oleh Boerger *et al.*, (2010) di Pasifik Utara Gyre menunjukkan bahwa plastik putih, bening, dan biru terutama dicerna oleh ikan. Oleh sebab itu, proporsi mikroplastik yang berwarna terang akan lebih mudah termakan oleh ikan, dan warna yang melayang hampir menyerupai makanan alami mereka (Andrady, 2011; Zhao *et al.*, 2015).

6. Hasil Analisis FTIR

Identifikasi setiap adsorpsi ikatan yang khas dari gugus fungsi merupakan basis interpretasi spectrum inframerah. Seperti rengangan O-H memberikan pita serapan yang kuat pada daerah 3350 cm^{-1} .

Hasil uji FTIR dan interpretasi bilangan gelombang memiliki kecocokan dengan polimer *Polystyrene* (PS) dan *Polypropylene* (PP). *Polystyrene* banyak digunakan dalam wadah makanan, gelas plastik, CD, perkakas dari plastik, tutup boto, tali, karung plastik, karpet, peralatan laboratorium



dan sebagainya. Selain itu, penelitian sebelumnya menyebutkan jenis polimer paling banyak ditemukan dalam lingkungan laut adalah *polyethylene*, *polyester*, *polypropylene*, *polyamide* dan *acrylic* (Browne *et al.*, 2011). Beberapa polimer ini banyak digunakan dalam kegiatan industri tekstil. Hasil kegiatan industri tersebut menghasilkan buangan limbah dan mengandung polimer plastik.

7. Kondisi Oseanografi

a. Pola Arus

Distribusi dan kelimpahan mikroplastik di perairan memiliki peranan sangat penting. Kecepatan perpindahan massa air laut akan mengikuti perpindahan mikroplastik di perairan. Pola arus yang saling terkait dapat menyebabkan laju perpindahan mikroplastik dari satu perairan ke perairan lainnya. Hal ini disebabkan daya apung yang tinggi dari mikroplastik akan memudahkan perpindahan dengan mencapai 2 km/jam (Thiel & Gutow, 2005).

Stasiun 1 pola arus permukaan pada saat menuju surut cenderung bergerak dari arah Timur (muara sungai) menuju Barat Daya dan Selatan. Sedangkan saat menuju pasang arus cenderung bergerak dari arah Barat Daya dan Selatan menuju arah Utara, kemudian menuju ke arah Timur garis pantai dan muara sungai. Kecepatan arus lebih tinggi saat kondisi perairan sedang menuju pasang. Berdasarkan arah arus kelimpahan tertinggi

dan pada plot 2 yang berada tepat di muara sungai. Sedangkan



kelimpahan terendah ditemukan di plot 3 yang jauh dari garis pantai dan muara sungai.

Stasiun 2 pola arus permukaan saat menuju surut cenderung bergerak ke arah Barat Laut dan Utara setelah mengalami penyempitan antara Kawasan CPI (Centre Point of Indonesia) dan pantai Losari (Gambar 13). Sedangkan saat menuju pasang arus bergerak dari arah Barat menuju ke arah Timur Kota memasuki perairan Losari yang diapit oleh kawasan reklamasi dan Pantai Losari (Gambar 14). Kecepatan arus lebih meningkat saat menuju pasang. Kelimpahan yang ditemukan pada setiap plot sangat bervariasi. Kelimpahan tertinggi ditemukan pada plot 2 (Pantai Losari), sedangkan kelimpahan terendah ditemukan di Plot 3 (berada diantara pulau Lae-Lae dan kawasan CPI).

Stasiun 3 Pola arus permukaan saat menuju surut cenderung bergerak ke arah Barat mendekati kawasan perairan reklamasi (Gambar 15). Sedangkan, saat menuju pasang arus cenderung bergerak dari arah Barat ke Selatan melewati kawasan reklamasi dan masuk ke muara sungai. Kecepatan arus lebih tinggi saat menuju pasang.

b. Pasang Surut

Salah satu faktor yang mempengaruhi distribusi kelimpahan mikroplastik adalah pasang surut (Zhao et al., 2017). Berdasarkan data yang diperoleh

tanggal 27 Oktober – 7 November 2018 diprediksi bahwa pasang terjadi pada tanggal 28 Oktober 2018, dimana kondisi pasang surut



di Perairan Kota Makassar yang terjadi adalah semi diurnal (perubahan 6 jam).

Pengambilan sampel terdapat 2 (dua) kondisi yaitu pasang dan surut. Hal ini dikarenakan perubahan pasang surut berlangsung tiap 6 jam, dimana tanggal 27-19 Oktober 2018 surut terjadi pada pukul 06.00-12.00 dan pasang pukul 12.00-18.44, sedangkan masa pengambilan sampel berlangsung dari pukul 09.00-16.00 untuk setiap stasiun.

Kelimpahan tertinggi stasiun 1 plot 2 (Muara Sungai Jeneberang) dan stasiun 2 plot 2 (Pantai Losari) pengambilan sampel dilakukan saat menuju surut, sedangkan kelimpahan terendah stasiun 1 plot 3 dan stasiun 2 plot 3 pengambilan sampel dilakukan saat menuju surut. Berbeda dengan stasiun 3, kelimpahan tertinggi yang ditemukan di plot 3 (Kawasan Perairan Reklamasi) pengambilan sampel dilakukan saat menuju pasang, sedangkan kelimpahan terendah yang ditemukan di plot 5 pengambilan sampel dilakukan saat menuju pasang. Kemudian saat menuju surut di stasiun 3 plot 1 (Muara Sungai Tallo) menunjukkan nilai kelimpahan mikroplastik yang ditemukan sebesar $2,778 \text{ MP/M}^3$, dimana nilai ini lebih besar bilang dibandingkan dengan nilai kelimpahan pada stasiun 1 dan 2 yang ditemukaan saat surut yakni sebesar $1,211 \text{ MP/M}^3$ dan $0,811 \text{ MP/M}^3$.

Kelimpahan tertinggi stasiun 1 yang ditemukan di muara Sungai

ang, dimana waktu pengambilan sampel dilakukan saat menuju
ehingga dapat diasumsikan bahwa kontaminasi mikroplastik di muara



sungai berasal dari limbah rumah tangga. Stolte *et al.*, (2015) mengemukakan bahwa sungai adalah pintu masuknya mikroplastik ke dalam perairan. Begitupun Stasiun 2 kelimpahan tertinggi ditemukan di Pantai Losari dan waktu pengambilan sampel adalah saat surut. Berbeda dengan stasiun 3 kelimpahan tertinggi ditemukan di plot 3 (Kawasan Perairan Reklamasi) dimana pengambilan sampel dilakukan saat menuju pasang.



V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik mikroplastik ditemukan meliputi bentuk, ukuran, dan warna. Bentuk mikroplastik yang dominan ditemukan yaitu; fragment, line, film, foam, dan pellet. Sedangkan untuk ukuran mikroplastik dikelompokkan menjadi 4 kelas, yakni: <0,5 mm (13-25%); 0,5-1 mm (28-40%); 1.1-2,5 mm (31-40%); dan 2,5-5 mm (12-19%). Kemudian, mikroplastik ditemukan terdapat 12 jenis warna, didominasi warna biru dan transparan.
2. Kelimpahan mikroplastik di stasiun 1 berkisar 0,389-1,211 MP/m³ dengan rata-rata ($\pm$ standar error) sebesar $0,753 \pm 0,148$ MP/m³, stasiun 2 berkisar 0,456-0,811 MP/m³ ($0,696 \pm 0,066$ MP/m³) dan stasiun 3 berkisar 0,567-4,767 MP/m³ ($1,965 \pm 0,805$ MP/m³). Hotspot mikroplastik di permukaan perairan pesisir Kota Makassar berada pada Muara Sungai Tallo dan pelabuhan Paotere.
3. Polimer mikroplastik yang ditemukan adalah jenis polimer *Polystyrene* (PS) dan *Polypropylene* (PP).



B. Saran

1. Pada penelitian selanjutnya, perlu dilakukan pengambilan sampel air di badan sungai dan kanal, untuk melihat hubungan kelimpahan dan karakteristik mikroplastik yang telah ditemukan di permukaan perairan pesisir Kota Makassar.
2. Penelitian selanjutnya, dalam pengambilan sampel air perlu diperhatikan kondisi pasang dan surut, untuk melihat bagaimana distribusi mikroplastik.
3. Sebagai bahan rujukan dalam membuat peraturan dan kebijakan mengenai pengelolaan sampah darat dan sampah laut Kota Makassar.



DAFTAR PUSTAKA

- Andrady, A. L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62 (8):1596-1605.
- Arthur, C., Baker, J., Bamford, H. 2009. *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11*. NOAA. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R30 (2009).
- Asthon, K., Holmes, L., Turner, A. 2010. Association of metals with plastic production pellets in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 60 (11): 2050-2055.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Kota Makassar Dalam Angka 2016. *Badan Pusat Statistik Kota Makassar*. Katalog: 1102001.7371.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Kota Makassar Dalam Angka 2018. *Badan Pusat Statistik Kota Makassar*. Katalog: 1102001.7371.
- Badan Pusat Statistik, 2018. Statistik Lingkungan Hidup Indonesia: Pengelohan Sampah Di Indonesia. Katalog: 3305001.
- Badan Pusat Statistik, 2018. Produk Domestik Regional Bruto Menurut Pengeluaran Kota Makassar 2013-2017. *Badan Pusat Statistik Kota Makassar*. Katalog: 3305001.
- Baini, M., Fossi, MC., Galli, M., Caliani, I., Campani, T., Finoia, MG., Panti, C. 2018. Abundance and characterization of microplastics in the coastal waters of Tuscany (Italy): The application of the MSFD monitoring protocol in the Mediterranean Sea. *Mar. Poll. Bull.* 133: 543-552. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.016>
- Barnes, DKA., Galgani, F., Thompson, RC., Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments, *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 364 (1526) 1985-1998.
- Boucher, J., Friot, D., 2017. Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. *[IUCN] International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en>.
- ..., C.M., Lattin, G.L., Moore, S.L., Moore, C.J., 2010. Plastic ingestion planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Mar. Pollut. J.* 60: 2275–2278. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007>.



- Browne, M.A., Galloway, T.S., Thompson, R.C., 2010. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. *Environ. Sci. Technol.* 44 (9), 3404–3409. <http://dx.doi.org/10.1021/es903784e>.
- Browne, M.A., Crump P, Niven SJ, Teuten EL, Tonkin A. (2011) Accumulations of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* 45: 9175-9179.
- Browne, M. A. 2015. Sources and pathways of microplastics to habitats. Marine anthropogenic litter. Springer International Publishing. 229-244.
- Carpenter, EJ., Anderson, SJ., Harvey, GR., Miklas, HP., Peck, BB. 1972. Polystyrene spherules in coastal waters. *Science* 178: 749-750.
- Carpenter, E. J. and K. L. J. Smith. 1972. Plastics on the Sargasso Sea Surface. *Science*. 175 (4027): 1240-1241.
- Cheshire A., Adler E., Barbière J., Cohen Y., Evans S., Jarayabhand S., Jeffic L., Jung R.-T., Kinsey S., Kusui E.T., Lavine I., Manyara P., Oosterbaan L., Pereira M.A., Sheavly S., Tkalin A., Varadarajan S., Wenneker B., Westphalen G. 2009. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. Regional Seas Reports and Studies No. 186 IOC Technical Series No. 83.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*. 62:2588–2597. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R.M., Moger, J., Galloway, T., 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environ. Sci. Technol.* 47, 6646–6655. <http://dx.doi.org/10.1021/es400663f>.
- Cooper DA, Corcoran PL. 2010. Effects of mechanical and chemical processes on the degradation of plastic beach debris on the island of Kauai, Hawaii. *Mar. Pollut. Bull.* 60: 650–654.
- Collignon, A., Hecq, JH., Glagani, F., Voisen, P., Collard, F., Goffart, A. 2012. Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 64: 861-864
- , Echevarria F, Gonzales-Gordillo I, Irigoien X, Ubeda B, et al. 2014. Plastic debris in the open ocean. *Proc Natl Acad Sci USA* 111:10733-10738. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1314705111>.



- Derraik, JGB., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 44 (9), 842–852. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025326X\(02\)00220-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0025326X(02)00220-5).
- Desforbes, J.-P. W., Galbraith, M., Dangerfield, N. & Ross, P. S. 2014. Widespread distribution of microplastics in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 79. pp 94-99.
- Djau MS. 2012. Analisis keberlanjutan perikanan di kawasan konservasi laut daerah (KKLD) Olele dan perairan sekitarnya Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo. Tesis. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Amato, S. 2013. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar. Pollut. Bull.* 77 (1), 177-182.
- Eriksen, M., Lebreton, LCM., Carson, HS., Thiel, M., Moore, CJ., Borerro, CJ., Galgani, F., Ryan, PG., Reisser, J. 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *Plos One*. DOI:10.1371/journal.pone.0111913
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamson, N. J., & Boldgiv, B. 2014. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1), 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001>
- Frias JPGL, Otero V, Sobral P. 2014. Evidences of microplastics in samples of zooplankton from Portuguese coastal waters. *Mar. Environ. Res.* 95: 89-95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.01.001>.
- Fossi MC, Panti C, Gurranti C, Coppola D, Giannetti M, Marsili L, Minutoli R. 2012. Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Mar. Pollut. Bull.* 64 (11): 2374-2379
- GESAMP. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment.” (Kershaw P.J ed.) (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep.Stud. GESAMP No.90, 96p



GESAMP. 2019. Guidelines or the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99, 130p

Hamer, j., Gutow, L., Kohler, A., Saborowski, R. 2014. Fate of microplastics in the marine isopod *Idotea emarginata*. *Environ. Sci. Technol.* 48: 13451-13459

Hamzah. 2007. Model pengelolaan pencemaran perairan pesisir bagi keberlanjutan perikanan dan wisata pantai Kota Makassar. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Hardesty, BD., Wilcox, C. 2011. Understanding the Types, Sources and at-Sea Distribution of Marine Debris in Australian Waters. CSIRO

Harper, PC., Fowler, JA.1987. Plastics pellets in New Zealand storm-killed prions (*Pachyptila* spp.) 1958–1977. *Notornis*. 34. pp. 65-70

Hastuti, A.R., Yulianda, F. & Yusi, W. 2014. Distribusi spasial sampah laut diekosistem mangrove Pantai Indah Kapuk. *Jurnal Bonoworo Westland*. Vol. 4. No. 2: 94-107.

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M. 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ. Sci. Technol.* 46, 3060–3075.

Hoornweg, D., Bhada-Tata, Perinaz. 2012. What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management. Urban development series;knowledge papers no. 15. World Bank, Washington, DC. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>

Ilyas, MI. 2019. Kelimpahan sampah laut permukaan di perairan Kota Makassar. Skripsi. FIKP UNHAS.

Ivar do Sul JA., Costa MF., Barletta M., Cysneiros FJA (2013). Pelagic microplastics around an archipelago of the Equatorial Atlantic. *Mar Pollut Bul.* 175: 305-309.

K, J., Roland, G., Chris, W., Theodore, S., Miriam, P., Anthony, A., mani, N., and Kara, L. 2015. Plastic waste inputs from lan into the an. *Science Magazine*. 347. 6223. 768-771



- Kanhai, LDK., Officer, R., Lyashevskaya, O., Thompson, RC., O'Connor, I. 2016. Microplastic abundance, distribution and composition along a latitudinal gradient in the Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*.
- Karapanagioti, HK., Endo, S., Ogata, Y., Takada, H. 2011. Diffuse pollution by persistent organic pollutants as measured in plastic pellets sampled from various beaches in Greece. *Mar. Pollut. Bull.* 62: 312-317
- KEMENPERIN RI. 2019. Pengelolaan Sampah Plastik yang Berwawasan Lingkungan Guna Meningkatkan Kelestarian Alam dalam rangka Aksi Nasional Bela Negara. *Direktorat Jenderal Industri Kimia Hilir, Farmasi dan Tekstil*. Jakarta: 25 April.
- Kühn, S., E. L. B. Rebolledo and J. A. van Franeker. 2015. Deleterious Effects of Litter on Marine Life. In M. Bergmann, L. Gutow and M. Klages (eds), *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Champ, p. 75-116.
- Kukulka, T., Proskurowski, G., Morét-Ferguson, S., Meyer, D.W., Law, K.L., 2012. The effect of wind mixing on the vertical distribution of buoyant plastic debris. *Geophys. Res. Lett.* 39 (7), L07601. <http://dx.doi.org/10.1029/2012GL051116>.
- Laist, D.W., (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. 18: 319-326.
- Latif, M.A. Pallu, M.S. dan Patanduk, J. 2012. Studi kuantitas dan kualitas air Sungai Tallo sebagai sumber air baku. *Jurnal Penelitian Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*.
- Lattin, G.L., Moore, C.J., Zellers, A.F., Moore, S.L., Weisberg, S.B., 2004. A comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the southern California shore. *Mar. Pollut. Bull.* 49 (4), 291–294. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.01.020>.
- Law, KL., More-Ferguson, S., Maximenko, NA., Proskurowski, G., Peacock, EE., Hafner, J., Reddy, CM. 2010. Plastic Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science*. Vol 329.
- Law, K. L., & Thompson, RC. 2014. Microplastics in the seas. *Science*, 345, 11–145.

u, H., Chen, P.J. 2017. Microplastics in freshwater system: a review occurrence, environmental effects, and methods for microplastics



detection. *Water Research*. Vol: 128. ISSN 0843-1354 DOI: 10.1016/j.waters.2017.12.06

Löder, M. G. J., and Gerdt, G. 2015. Methodology used for the detection and identification of microplastics - A critical appraisal. In M. Bergmann, L. Gutow and M. Klages (eds.) *Marine anthropogenic litter*, Berlin, Springer, 201-227 p.

Lusher, A.L., McHugh, M., Thompson, R.C., 2013. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Mar. Pollut. Bull.* 67 (1), 94–99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028>.

Lusher, A.L., Burke, A., O'Connor, I., Officer, R., 2014. Microplastic pollution in the Northeast Atlantic Ocean: validated and opportunistic sampling. *Mar. Pollut. Bull.* 88, 325–333.

Lusher L. A., Tirelli V., O'Connor I., Officer R. 2015. Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Scientific Reports*. 5:14947. DOI: 10.1038/srep14947

Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., Kaminuma, T. 2001. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environ. Sci. Processes Impacts* 35: 318-342.

Moore, C.J., Moore, S.L., Weisberg, S.B., Lattin, G.L., Zellers, A.F., 2002. A comparison of neustonic plastic and zooplankton abundance in southern California's coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*. 44: 1035–1038.

Moore, C.J., Moore, S.L., Leecaster, M.K., Weisberg, S.B. 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*. 42: 1297-1300

Moos, N.V., Burkhardt-Holm, P., Kohler, A. 2012. Uptake and Effects of Microplastics on Cells and Tissue of the Blue Mussel *Mytilus edulis* L. after an Experimental Exposure. *Environ. Sci. Technol.* 46 (20), pp 11327–11335. DOI: 10.1021/es302332w

Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., Quinn, B., 2016. Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. *Environ. Sci. Technol.* 50, 5800–5808

PR., Shirgaonkar, S.S., Patil, R.B. 2016. Plastic marine debris: sources, distribution and impacts on coastal and ocean biodiversity. *NCIL Publ. Biol. Sci.* 3: 40-54.



- Pedrotti, M.L., Petit, S., Elineau, A., Bruzaud, S., Crebassa, J.C., Dumontet, B., Martí, E., Gorsky, G., Cózar, A., 2016. Changes in the floating plastic pollution of the mediterranean sea in relation to the distance to land. *PLoS One* 11, e0161581. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161581>.
- Plastics-Europe 2012. *Plastics-The Facts 2012*. An analysis of European plastics production, demand and waste data.
- Plastics-Europe 2015. *Plastics – the Facts 2015* An analysis of European plastics production, demand and waste data.
- Plastics-Europe 2017. *Plastics-The Facts 2016*. An analysis of European plastics production, demand and waste data.
- Plastics-Europe 2018. *Plastics-The Facts 2016*. An analysis of European plastics production, demand and waste data.
- Reisser J., Shaw J., Wilcox C., Hardesty D.B., Proietti M., Thum M., Pattiratchi C. 2013. Marine Plastic Pollution in Waters around Australia: Characteristics, Concentrations, and Pathways. *Plos One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080466>
- Rochman, C., Tahir, A., Williams, S.L., Baxa, D.V., Lam, R., Miller, J.T., The, F.T., Werorilangi, S., & Swee J. 2015. Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and Lines from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*, 5(1), 14340. <https://doi.org/10.1038/srep14340>.
- Ryan, P.G., Moore, C.J., Van Franeker, J.A., Moloney, C.L. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transaction of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364 (1526): 1999-2012. Doi: 10.1098/rstb.2008.0207
- Sadri, S.S., Thompson, R.C., 2014. On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary. Southwest England. *Marine Pollution Bulletin*. 81 (1), 55–60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.020>.
- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., Lehtiniemi, M. 2004. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*. 185: 77-83. DOI: 10.1016/j.envpol.2013.10.013

J., S.H. Hong and S. Eo. 2017. Identification methods in microplastic analysis: A review. *Analytical Methods*, 9: 1384-1391.



Silalahi, M. D. 2001. Hukum Lingkungan dalam Sistem Penegakan Hukum Lingkungan Indonesia Bandung.

Solomon, OO. and Palanisami T. 2016. Microplastics in the Marine Environment: Current Status, Assessment Methodologies, Impacts and Solutions. *Journal of Pollution Effects & Control*. ISSN:2375-4397 JPE. Volume 4. Issue 2. 1000161: 1-13.

Song, YK., Hong, SH., Eo Soeun, Jang, M., Han Gi M., Isobe, A., Shim, WJ. 2018. Horizontal and vertical distribution of microplastics in Korean coastal waters. *Environ. Sci. Technol.* DOI: 10.1021/acs.est.8b04032

Stolte, A., Forster, S., Gerdts, G., Shubert, H. 2015. Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Marine Pollution Bulletin*. 99 (1-2): 216-229. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2015.07.02

Sudding. Side, S. dan Dewi, A. 2012. Analisis kadar Timbal (Pb) pada akar api-api putih (A. alba) di saluran pembuangan Jongaya Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar. *Jurnal Chemica*, 13 (2): 26-32. Universitas Negeri Makassar.

Sutton, R., Mason, S.A., Stanek, S.K., Willis-Norton, E., Wren, I.F., Box, C., 2016. Microplastic contamination in the San Francisco Bay, California, USA. *Mar Pollut Bull.* 109, 230-235 <http://10.1016/j.marpolbul.2016.05.077>.

Sudjana, Nana dan Ibrahim. 1989. Penelitian dan Penilaian Pendidikan. Bandung: Sinar Baru.

Syakti, D.A., Bouhroum, R., Hidayati, V.N., Koenawan, J.C., Boulkamh, A., et al. 2017. Beach macro-litter monitoring and floating microplastic in a coastal are of Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06046>

Tanaka K., Takada H., Yamashita R, Mizukawa K., Fukuwaka MA., Watanuki, Y. 2013. Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics. *Mar Pollut Bull.* 69: 219-222.

Tanaka, K., Takada, H., 2016. Microplastic fragment and microbeads in estensive tracts of planktivorous fish from urban coastal water. *Scientific Reports*. 6: 34351. DOI.10.1038/srep3431



- Ter Halle, A., L. Ladirat, M. Martignac, A. F. Mingotaud, O. Boyron and E. Perez. 2017. To what extent are microplastics from the open ocean weathered?. *Environmental Pollution*. 227: 167-174.
- Thompson, RC., Olsen, Y., Mitchell, RP., Davis, A., Rowland, SJ., John, AW., Russell, AE. 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304 (5672), 838.
- Thompson RC., Moore CJ., Vom Saal FS., Swan SH. 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transaction of the Royal Society B: Biological Sciences*. 364: 2153–2166 Doi:10.1098/rstb.2009.0053
- Troyer, N. De. 2015. Occurrence and Distribution of Microplastik in the Scheldt River. Universiteit Gent.
- UNEP. 2005. Marine Litter, an analytical overview.
- Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J. & Janssen, C. 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environment Pollution* 182: 495–499
- Van der Wal, M., et al. 2005. *SFRA0025: Identification and Assessment of Riverine Input of (Marine) Litter, Final Report for the European Commission DG Environment under Framework Contract No ENV.D.2/FRA/2012/0025*. European Commission DG Environment.
- Van Sebillie, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B.D., van Franeker, J.A., Eriksen, M., Siegel, D., Galgani, F., Law, K.L., 2015. A global inventory of small floating plastic debris. *Environ. Res. Lett.* 10:124006. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006>.
- Vigren, D. 2015. Identification of Environmental Plastic Samples from a Caribbean Beach Survey by Near-Infrared Spectroscopy with the MicroNIR and Chemometric Analysis. Department Of Science. Orebro University.
- Woodall, L., Canals, M., Sanches-Vidal, A., Paterson GLJ. 2014. The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*. 1: 4. Doi: 10.1098/rsos.140317

World Economic Forum, 2016. The New Plastic Economy: Rethinking the Future of Plastics. World Economic Forum.



- World Bank. 2018. Indonesia Marine Debris Hotspot Rapid Assessment. Synthesis Report.
- Wright, SL., Thompson, RC., Galloway, TS. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review, *Environ. Pollut.* 178: 483e492.
- Xiong, X., Zhang, K., Chen, X., Shi, H., Luo, Z., Wu, C. 2018. Sources and distribution of microplastics in china's larget inland lake-qinghai lake. *Enviromental Pollution.* 235: 899-906.
- Yan, M., Nie, H., Xu, K., He, Y., Hu, Y., Huang, Y., Wang, J. 2019. Microplastic abundance, distribution and composition in the Pearl River along Guangzhou city and Pearl River estuary, China. *Chemosphere.* 217: 879-886. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.093>
- Yonkos, LT., Friedel, EA., Perez-Reyes AC., Ghosal, S., Arthur, CD. 2014. Microplastics in four estuarine rivers in the Chesapeake Bay, USA. *Environ. Sci. Technol.* 48 (24), 14195-14202.
- Zhang, K., Xiong, X., Hu, H., Wu, C., Bi, Y., Wu, Y., Zhou, B., Lam, P.K.S., Liu, J. 2017. Occurrence and characteristics of microplastic pollution in xiangxi Bay of three gorges reservoir, China. *Environ. Sci. Technol.* 51, 3794e3801.
- Zhang, K., Shi, H., Peng, J., Wang, Y., Xiong, X., Wu, C., Lam, PKS.2018. Microplastic pollution in China's inland water systems: A review of findings, methods, characteristics, effects, and management. *Sci. Technol.* 630: 1641-1653. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.300>
- Zhao, S.Y., Zhu, L.X., Li, D.J., 2015. Microplastic in three urban estuaries, China. *Environ. Pollut.* 206, 597–604.
- Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., Li, D., 2014. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurence, distribution. *Mar Pollut Bull.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.032>
- Zhao, Q., Zhang, H., Fu, C., Zhou, Y., Dai, Z., Li, Y., Tu, C., Lou, Y., 2018. The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. *Mar Pollut Bull.* <https://doi.org/10.1016/j.goederma.2018.02.015>



LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Deskriptif

Descriptive Statistic	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
Number of values	5	5	5
Minimum	0.3890	0.4560	0.5670
25% Percentile	0.4335	0.5780	0.6500
Median	0.8110	0.7330	0.9780
75% Percentile	1.045	0.7945	3.773
Maximum	1.211	0.8110	4.767
Range	0.8220	0.3550	4.200
Mean	0.7534	0.6956	1.965
Std. Deviation	0.3305	0.1405	1.800
Std. Error of Mean	0.1478	0.06282	0.8049
Coefficient of variation	43.87%	20.19%	91.62%

Lampiran 2. Kelimpahan Mikroplastik

Stasiun	Kelimpahan Mikroplastik (MP/m ³)					Total	rata-rata
	P1	P2	P3	P4	P5		
I	0,878	1,211	0,389	0,811	0,478	3,767	
II	0,778	0,811	0,456	0,733	0,700	3,478	5,689
III	2,778	0,978	4,767	0,733	0,567	9,822	
Total	4,433	3,000	5,611	2,278	1,744	17,067	



Lampiran 3. Karakteristik Jenis Mikroplastik

Stasiun	Plot	Jenis Mikroplastik (MP)					Jumlah
		Line	Film	Foam	Fragment	Pellet	
St 1	P1	56	3	0	20	0	339
	P2	36	8	2	63	0	
	P3	19	3	0	13	0	
	P4	28	1	0	44	0	
	P5	29	0	0	14	0	
St 2	P1	39	0	3	28	0	313
	P2	39	9	3	22	0	
	P3	31	0	0	10	0	
	P4	41	0	0	25	0	
	P5	42	0	0	21	0	
St 3	P1	21	35	6	187	1	884
	P2	3	14	15	56	0	
	P3	8	40	36	342	3	
	P4	9	5	16	36	0	
	P5	33	0	0	18	0	
Total		434	118	81	899	4	1.536



Lampiran 4. Karakteristik Bentuk Mikroplastik

Stasiun 1 Plot 1						
No	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	1.730	Biru	4	1	56
2	Line	1.616	Biru	4	1	
3	Line	2.015	Biru	4.5	1	
4	Line	2.063	Biru	4.5	1	
5	Line	0.756	Biru	4.5	1	
6	Line	1.593	Biru	4.5	1	
7	Line	4.180	Biru	3	1	
8	Line	1.804	Biru	4	1	
9	Line	1.860	Biru	4.5	1	
10	Line	1.868	Biru	4.5	1	
11	Line	0.645	Biru	4.5	1	
12	Line	4.505	Biru	4.5	1	
13	Line	1.840	Biru	3.5	1	
14	Line	1.452	Biru	4	1	
15	Line	1.898	Biru	4.5	1	
16	Line	1.230	Biru	4.5	1	
17	Line	0.673	Biru	4.5	1	
18	Line	4.735	Biru	3	1	
19	Line	0.854	Biru	4	1	
20	Line	3.348	Biru	4	1	
21	Line	2.701	Biru	4	1	
22	Line	2.044	Biru	3	1	
23	Line	3.222	Biru	4.5	1	
24	Line	0.690	Biru	4	1	
25	Line	2.035	Biru	4.5	1	
26	Line	0.442	Biru	4	1	
27	Line	2.967	Biru	4.5	1	
28	Line	2.851	Coklat	3	1	
29	Line	2.585	Coklat	4	1	
30	Line	2.648	Coklat	4.5	1	
31	Line	1.811	Hijau	4	1	
32	Line	1.278	Hijau	4.5	1	
	Line	0.801	Hijau	4	1	
	Line	0.836	Hitam	4.5	1	
	Line	2.016	Hitam	4.5	1	
	Line	1.152	Hitam	4.5	1	



37	Line	1.788	Hitam	4.5	1	
38	Line	1.867	Hitam	4	1	
39	Line	2.475	Hitam	4	1	
40	Line	2.095	Hitam	4.5	1	
41	Line	2.931	Kuning	4	1	
42	Line	3.250	Merah	3	1	
43	Line	0.629	Merah	4.5	1	
44	Line	1.726	Merah	4.5	1	
45	Line	0.376	Merah	4	1	
46	Line	1.071	Transparan	4.5	1	
47	Line	1.889	Transparan	4.5	1	
48	Line	1.875	Transparan	4.5	1	
49	Line	1.275	Ungu	4.5	1	
50	Line	0.643	Ungu	4.5	1	
51	Line	1.213	Ungu	4.5	1	
52	Line	1.093	Ungu	4.5	1	
53	Line	1.891	Ungu	4.5	1	
54	Line	1.638	Ungu	4.5	1	
55	Line	0.650	Ungu	4.5	1	
56	Line	2.195	Ungu	4	1	
57	Film	0.532	Transparan	4.5	1	3
58	Film	4.400	Transparan	3	1	
59	Film	1.125	Transparan	4.5	1	
60	Fragment	0.599	Biru	4.5	1	20
61	Fragment	0.227	Biru	4	1	
62	Fragment	0.409	Biru Putih	4	1	
63	Fragment	2.175	Coklat	4	1	
64	Fragment	0.506	Hijau	4.5	1	
65	Fragment	0.598	Hijau	4	1	
66	Fragment	1.285	Hijau	3	1	
67	Fragment	0.267	Hijau	4	1	
68	Fragment	0.492	Hijau	4	1	
69	Fragment	1.202	Hijau	4	1	
70	Fragment	0.883	Hijau	2	1	
71	Fragment	0.206	Hijau	4.5	1	
72	Fragment	0.440	Hitam	3	1	
73	Fragment	3.674	Hitam	4	1	
74	Fragment	0.427	Hitam	4	1	
75	Fragment	0.738	Hitam		1	



76	Fragment	0.469	Kuning	4.5	1	
77	Fragment	0.382	Kuning	4	1	
78	Fragment	4.035	Transparan	4.5	1	
79	Fragment	1.554	Transparan	4	1	

Stasiun Plot 2						
No	Jenis	Ukuran	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	1.153	Biru	4.5	1	36
2	Line	1.592	Biru	4.5	1	
3	Line	0.467	Biru	4.5	1	
4	Line	2.128	Biru	4.5	1	
5	Line	1.240	Biru	4.5	1	
6	Line	0.478	Biru	4.5	1	
7	Line	0.861	Biru	4.5	1	
8	Line	1.212	Biru	4.5	1	
9	Line	0.931	Biru	4.5	1	
10	Line	0.532	Biru	4.5	1	
11	Line	2.447	Biru	4	1	
12	Line	4.978	Biru	4	1	
13	Line	2.514	Biru	4	1	
14	Line	0.570	Biru	4.5	1	
15	Line	1.956	Biru	4.5	1	
16	Line	2.965	Hitam	3	1	
17	Line	1.995	Hitam	4.5	1	
18	Line	1.842	Hitam	4.5	1	
19	Line	0.951	Hitam	4.5	1	
20	Line	3.174	Hitam	4.5	1	
21	Line	2.393	Hitam	4.5	1	
22	Line	1.671	Hitam	4.5	1	
23	Line	1.171	Hitam	4.5	1	
24	Line	0.346	Merah	4.5	1	
25	Line	0.540	Merah	4.5	1	
26	Line	4.008	Merah	4.5	1	
27	Line	1.153	Merah	4.5	1	
28	Line	1.694	Pigmentasi	4.5	1	
	Line	1.379	Pigmentasi	4.5	1	
	Line	1.914	Transparan	4.5	1	
	Line	1.061	Transparan	4.5	1	
	Line	1.388	Transparan	4.5	1	



33	Line	1.608	Transparan	4.5	1	
34	Line	1.243	Transparan	4.5	1	
35	Line	1.096	Transparan	4.5	1	
36	Line	0.758	Ungu	4	1	
37	Film	0.604	Biru	4.5	1	8
38	Film	0.726	Coklat	4.5	1	
39	Film	1.650	Hitam	4.5	1	
40	Film	2.203	Hitam	4.5	1	
41	Film	2.088	Putih	4.5	1	
42	Film	1.157	Putih	4.5	1	
43	Film	0.938	Putih	4.5	1	
44	Film	0.831	Putih	4.5	1	
45	Foam	3.609	Putih	2.5	1	2
46	Foam	2.304	Putih	2.5	1	
47	Fragment	0.628	Biru	4.5	1	63
48	Fragment	0.669	Biru	4.5	1	
49	Fragment	0.666	Biru	4.5	1	
50	Fragment	0.611	Biru	4.5	1	
51	Fragment	2.945	Biru	4	1	
52	Fragment	0.809	Biru	4.5	1	
53	Fragment	0.491	Biru	4.5	1	
54	Fragment	0.357	Biru	4.5	1	
55	Fragment	0.294	Biru	4.5	1	
56	Fragment	0.642	Biru	4.5	1	
57	Fragment	0.465	Biru	4.5	1	
58	Fragment	0.351	Biru	4.5	1	
59	Fragment	0.366	Biru	4.5	1	
60	Fragment	0.171	Biru	4.5	1	
61	Fragment	0.386	Biru	4.5	1	
62	Fragment	0.201	Biru	4.5	1	
63	Fragment	0.304	Biru	4.5	1	
64	Fragment	0.935	Biru	4.5	1	
65	Fragment	0.298	Biru	4.5	1	
66	Fragment	0.574	Biru	4.5	1	
67	Fragment	0.445	Biru	4.5	1	
68	Fragment	0.629	Biru	4.5	1	
69	Fragment	0.241	Biru	4.5	1	
70	Fragment	0.553	Biru	4.5	1	
71	Fragment	0.321	Biru	4.5	1	



72	Fragment	1.403	Biru	4.5	1
73	Fragment	1.320	Biru	4.5	1
74	Fragment	1.245	Biru	4.5	1
75	Fragment	0.507	Biru	4.5	1
76	Fragment	0.849	Biru	4.5	1
77	Fragment	0.871	Biru	4.5	1
78	Fragment	0.671	Biru	4.5	1
79	Fragment	1.274	Biru	4.5	1
80	Fragment	1.212	Biru	4.5	1
81	Fragment	0.685	Biru	4.5	1
82	Fragment	1.115	Biru	4.5	1
83	Fragment	0.513	Biru	4.5	1
84	Fragment	1.874	Biru	4.5	1
85	Fragment	1.720	Biru	4.5	1
86	Fragment	0.927	Biru	4.5	1
87	Fragment	1.184	Biru	4.5	1
88	Fragment	0.607	Biru	4.5	1
89	Fragment	0.306	Biru	4.5	1
90	Fragment	0.521	Biru	4.5	1
91	Fragment	0.589	Biru	4.5	1
92	Fragment	0.443	Biru	4.5	1
93	Fragment	0.530	Biru	4.5	1
94	Fragment	0.567	Biru	4.5	1
95	Fragment	0.414	Biru	4.5	1
96	Fragment	0.940	Coklat	4.5	1
97	Fragment	0.489	Coklat	4.5	1
98	Fragment	0.857	Coklat	4.5	1
99	Fragment	0.817	Hijau	4.5	1
100	Fragment	1.268	Hijau	4.5	1
101	Fragment	0.814	Hijau	4.5	1
102	Fragment	0.837	Hijau	4.5	1
103	Fragment	0.189	Hijau	4.5	1
104	Fragment	0.565	Hijau	4.5	1
105	Fragment	0.943	Hijau	4.5	1
106	Fragment	0.924	Hijau	4.5	1
107	Fragment	2.942	kuning	3.5	1
	Fragment	1.296	Kuning	4.5	1
	Fragment	0.678	Transparan	4.5	1



Stasiun 1 Plot 3						Total MPs
N o	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesara n	Jumla h	
1	Line	0.686	Biru	4.5	1	19
2	Line	2.722	Biru	4.5	1	
3	Line	0.425	Hitam	4.5	1	
4	Line	2.837	Hitam	4.5	1	
5	Line	2.908	Hitam	4	1	
6	Line	1.150	Hitam	4.5	1	
7	Line	0.448	Hitam	4.5	1	
8	Line	0.536	Hitam	4.5	1	
9	Line	0.651	Merah	4.5	1	
10	Line	0.202	Merah	4.5	1	
11	Line	0.793	Merah	4.5	1	
12	Line	0.433	Merah	4.5	1	
13	Line	1.776	Merah	4.5	1	
14	Line	1.999	Pigmentasi	4.5	1	
15	Line	4.065	Pigmentasi	3	1	
16	Line	1.949	Pigmentasi	4.5	1	
17	Line	3.388	Transparan	4	1	
18	Line	1.274	Transparan	4.5	1	
19	Line	3.092	Transparan	4.5	1	
20	Film	0.652	Biru	4.5	1	3
21	Film	2.077	Transparan	4.5	1	
22	Film	2.694	Transparan	3	1	
23	Fragmen t	0.310	Biru	4.5	1	13
24	Fragmen t	0.164	Biru	4.5	1	
25	Fragmen t	1.090	Biru	4.5	1	
26	Fragmen t	0.687	Biru	4.5	1	
27	Fragmen t	0.775	Biru	4.5	1	
28	Fragmen t	0.390	Biru	4.5	1	
29	Fragmen t	0.169	Biru	4.5	1	
30	Fragmen t	0.224	Biru	4.5	1	



31	Fragmen t	0.235	Biru	4.5	1
32	Fragmen t	0.203	Biru	4.5	1
33	Fragmen t	0.214	Hijau	4.5	1
34	Fragmen t	4.085	Pigmentasi	4	1
35	Fragmen t	4.671	Pigmentasi	3.5	1

Stasiun 1 Plot 4						
N o	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesara n	Jumla h	Total MPs
1	Line	1.250	Biru	4.5	1	28
2	Line	1.349	Biru	4.5	1	
3	Line	1.521	Biru	4.5	1	
4	Line	1.031	Biru	4.5	1	
5	Line	1.283	Biru	4.5	1	
6	Line	0.107	Biru	4.5	1	
7	Line	0.688	Biru	4.5	1	
8	Line	0.497	Biru	4.5	1	
9	Line	2.175	Transparan	4.5	1	
10	Line	0.108	Hijau	4.5	1	
11	Line	0.581	Hitam	4.5	1	
12	Line	0.267	Hitam	4.5	1	
13	Line	0.663	Hitam	4.5	1	
14	Line	1.005	Hitam	4.5	1	
15	Line	0.356	Merah	4.5	1	
16	Line	0.326	Merah	4.5	1	
17	Line	3.222	Merah	4.5	1	
18	Line	0.439	Transparan	4.5	1	
19	Line	1.317	Transparan	4.5	1	
20	Line	0.463	Transparan	4.5	1	
21	Line	0.468	Transparan	4.5	1	
22	Line	0.276	Transparan	4.5	1	
23	Line	0.853	Transparan	4.5	1	
	Line	1.329	Ungu	4.5	1	
	Line	0.187	Ungu	4.5	1	
	Line	0.506	Ungu	4.5	1	
	Line	0.472	Ungu	4.5	1	



28	Line	1.678	Ungu	4.5	1	
29	Film	1.428	Transparan	4.5	1	1
30	Fragment	2.043	Abu-abu	4	1	44
31	Fragment	2.812	Abu-abu	2.5	1	
32	Fragment	4.001	Abu-abu	3	1	
33	Fragment	3.363	Abu-abu	3	1	
34	Fragment	0.224	Biru	4.5	1	
35	Fragment	0.780	Biru	4.5	1	
36	Fragment	0.998	Biru	4.5	1	
37	Fragment	0.360	Biru	4.5	1	
38	Fragment	0.599	Biru	4.5	1	
39	Fragment	0.304	Biru	4.5	1	
40	Fragment	0.286	Biru	4.5	1	
41	Fragment	0.926	Biru	4.5	1	
42	Fragment	0.959	Biru	4.5	1	
43	Fragment	0.500	Biru	4.5	1	
44	Fragment	0.627	Biru	4.5	1	
45	Fragment	0.826	Biru	4.5	1	
46	Fragment	0.792	Biru	4.5	1	
47	Fragment	0.255	Biru	4.5	1	
48	Fragment	0.163	Biru	4.5	1	
49	Fragment	0.472	Biru	4.5	1	
50	Fragment	0.710	Biru	4.5	1	
51	Fragment	0.737	Biru	4.5	1	
52	Fragment	0.537	Biru	4.5	1	
53	Fragment	0.739	Biru	4.5	1	
54	Fragment	0.583	Biru	4.5	1	
55	Fragment	2.270	Biru	4.5	1	
56	Fragment	0.668	Biru	4.5	1	
57	Fragment	0.423	Biru	4.5	1	
58	Fragment	0.424	Biru	4.5	1	
59	Fragment	0.300	Biru	4.5	1	
60	Fragment	0.244	Biru	4.5	1	
61	Fragment	0.221	Biru	4.5	1	
62	Fragment	0.221	Biru	4.5	1	
63	Fragment	0.320	Biru	4.5	1	
64	Fragment	0.127	Biru	4.5	1	
65	Fragment	0.658	Biru	4.5	1	
66	Fragment	0.401	Biru	4.5	1	



67	Fragment	0.474	Biru	4.5	1
68	Fragment	0.242	Biru	4.5	1
69	Fragment	0.318	Biru	4.5	1
70	Fragment	0.266	Biru	4.5	1
71	Fragment	0.282	Biru	4.5	1
72	Fragment	0.160	Biru	4.5	1
73	Fragment	1.101	Putih	4.5	1

Stasiun 1 Plot 5						
No	Jenis	Ukuran	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	2.433	Biru	4.5	1	29
2	Line	2.729	Biru	4.5	1	
3	Line	0.491	Biru	4.5	1	
4	Line	1.469	Biru	4.5	1	
5	Line	1.882	Biru	4.5	1	
6	Line	2.943	Biru	4.5	1	
7	Line	1.384	Biru	4.5	1	
8	Line	0.648	Biru	4.5	1	
9	Line	0.891	Coklat	4.5	1	
10	Line	2.720	Hijau	4.5	1	
11	Line	1.842	Hitam	4.5	1	
12	Line	0.945	Hitam	4.5	1	
13	Line	1.483	Hitam	4.5	1	
14	Line	1.889	Hitam	4.5	1	
15	Line	2.263	Hitam	4.5	1	
16	Line	1.579	Hitam	4.5	1	
17	Line	2.931	Hitam	4.5	1	
18	Line	0.339	Hitam	4.5	1	
19	Line	1.396	Merah	4.5	1	
20	Line	0.652	Merah	4.5	1	
21	Line	1.040	Merah	4.5	1	
22	Line	0.518	Merah	4.5	1	
23	Line	2.401	Merah	4.5	1	
	Line	3.492	Merah	4.5	1	
	Line	1.642	Merah	4.5	1	
	Line	2.156	Transparan	4.5	1	
	Line	1.674	Ungu	4.5	1	



28	Line	1.463	Ungu	4.5	1	14
29	Line	0.341	Ungu	4.5	1	
30	Fragment	0.576	Biru	4.5	1	
31	Fragment	2.091	Biru	4.5	1	
32	Fragment	0.850	Biru	4.5	1	
33	Fragment	0.696	Biru	4.5	1	
34	Fragment	0.654	Biru	4.5	1	
35	Fragment	1.182	Biru	4.5	1	
36	Fragment	0.817	Biru	4.5	1	
37	Fragment	0.505	Biru	4.5	1	
38	Fragment	0.591	Biru	4.5	1	
39	Fragment	0.294	Biru	4.5	1	
40	Fragment	0.216	Biru	4.5	1	
41	Fragment	0.380	Biru	4.5	1	
42	Fragment	0.226	Biru	4.5	1	
43	Fragment	1.488	Coklat	4.5	1	

Stasiun 2 Plot 1						
No	Jenis	Ukuran	Warna	Perbesaran	Jumlah	Keterangan
1	Line	2.265	Biru	4.5	1	39
2	Line	1.104	Biru	4.5	1	
3	Line	0.620	Biru	4.5	1	
4	Line	0.480	Biru	4.5	1	
5	Line	2.132	Biru	4.5	1	
6	Line	1.962	Biru	4.5	1	
7	Line	1.196	Biru	4.5	1	
8	Line	1.640	Biru	4.5	1	
9	Line	1.627	Biru	4.5	1	
10	Line	3.084	Biru	4	1	
11	Line	0.669	Hitam	4.5	1	
12	Line	1.108	Hitam	4.5	1	
13	Line	0.638	Hitam	4.5	1	
14	Line	0.509	Hitam	4.5	1	
15	Line	2.212	Hitam	4.5	1	
16	Line	0.672	Hitam	4.5	1	
	Line	0.920	Hitam	4.5	1	
	Line	3.777	Hitam	4.5	1	
	Line	0.668	Hitam	4.5	1	
	Line	0.500	Hitam	4.5	1	



21	Line	0.533	Merah	4.5	1	
22	Line	0.855	Merah	4.5	1	
23	Line	1.503	Merah	4.5	1	
24	Line	2.567	Merah	4.5	1	
25	Line	0.435	Merah	4.5	1	
26	Line	3.512	Merah	4.5	1	
27	Line	4.153	Merah	4.5	1	
28	Line	0.453	Pigmentasi	4.5	1	
29	Line	1.146	Putih	4.5	1	
30	Line	1.595	Transparan	4.5	1	
31	Line	0.628	Transparan	4.5	1	
32	Line	0.900	Transparan	4.5	1	
33	Line	0.498	Transparan	4.5	1	
34	Line	1.159	Transparan	4.5	1	
35	Line	0.582	Transparan	4.5	1	
36	Line	1.143	Transparan	4.5	1	
37	Line	2.779	Transparan	4.5	1	
38	Line	0.513	Ungu	4.5	1	
39	Line	1.087	Ungu	4.5	1	
40	Foam	2.298	Hitam	4.5	1	
41	Foam	2.591	Putih	4.5	1	
42	Foam	1.682	Putih	4.5	1	
43	Fragment	1.060	Biru	4.5	1	28
44	Fragment	0.807	Biru	4.5	1	
45	Fragment	1.115	Biru	4.5	1	
46	Fragment	0.495	Biru	4.5	1	
47	Fragment	0.580	Biru	4.5	1	
48	Fragment	0.915	Biru	4.5	1	
49	Fragment	0.481	Biru	4.5	1	
50	Fragment	0.889	Biru	4.5	1	
51	Fragment	0.283	Biru	4.5	1	
52	Fragment	0.853	Biru	4.5	1	
53	Fragment	1.217	Biru	4.5	1	
54	Fragment	0.728	Biru	4.5	1	
55	Fragment	1.223	Biru	4.5	1	
56	Fragment	0.754	Biru	4.5	1	
57	Fragment	1.034	Biru	4.5	1	
58	Fragment	0.514	Biru	4.5	1	
59	Fragment	1.057	Biru	4.5	1	



60	Fragment	0.499	Biru	4.5	1
61	Fragment	0.561	Biru	4.5	1
62	Fragment	0.328	Biru	4.5	1
63	Fragment	0.433	Biru	4.5	1
64	Fragment	0.688	Biru	4.5	1
65	Fragment	2.559	Biru	4.5	1
66	Fragment	0.488	Biru	4.5	1
67	Fragment	0.797	Biru	4.5	1
68	Fragment	0.733	Biru	4.5	1
69	Fragment	1.907	Biru	4.5	1
70	Fragment	0.812	Merah	4.5	1

Stasiun 2 Plot 2						
No	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	3.429	Biru	4.5	1	39
2	Line	2.434	Biru	4.5	1	
3	Line	0.502	Biru	4.5	1	
4	Line	2.800	Biru	4.5	1	
5	Line	4.176	Biru	4.5	1	
6	Line	1.244	Biru	4.5	1	
7	Line	3.773	Biru	4.5	1	
8	Line	1.303	Biru	4.5	1	
9	Line	1.997	Biru	4.5	1	
10	Line	0.873	Biru	4.5	1	
11	Line	1.461	Biru	4.5	1	
12	Line	4.079	Biru	4	1	
13	Line	1.120	Biru	4.5	1	
14	Line	0.718	Biru	4.5	1	
15	Line	0.882	Biru	4.5	1	
16	Line	1.585	Biru	4.5	1	
17	Line	0.446	Biru	4.5	1	
18	Line	1.22	Biru	4.5	1	
19	Line	1.789	Biru	4.5	1	
20	Line	4.588	Hitam	4.5	1	
	Line	3.818	Hitam	4.5	1	
	Line	4.352	Hitam	4.5	1	
	Line	2.245	Hitam	4.5	1	
	Line	3.655	Hitam	4.5	1	



25	Line	2.139	Hitam	4.5	1	
26	Line	0.922	Hitam	4.5	1	
27	Line	1.382	Hitam	4.5	1	
28	Line	1.281	Hitam	4.5	1	
29	Line	1.104	Hitam	4.5	1	
30	Line	1.235	Hitam	4.5	1	
31	Line	2.816	Merah	4.5	1	
32	Line	2.362	Merah	4.5	1	
33	Line	1.737	Merah	4.5	1	
34	Line	3.064	Merah	4.5	1	
35	Line	1.968	Merah	4.5	1	
36	Line	3.095	Transparan	4.5	1	
37	Line	4.323	Ungu	4.5	1	
38	Line	2.514	Ungu	4.5	1	
39	Line	0.406	Ungu	4.5	1	
40	Film	1.204	Biru	4.5	1	9
41	Film	0.753	Biru	4.5	1	
42	Film	1.120	Biru	4.5	1	
43	Film	1.150	Biru	4.5	1	
44	Film	0.902	Biru	4.5	1	
45	Film	0.713	Hijau	4.5	1	
46	Film	4.700	Putih	4	1	
47	Film	3.392	Putih	4.5	1	
48	Film	3.593	Putih	4	1	
49	Foam	4.535	Putih	2	1	3
50	Foam	4.950	Putih	3	1	
51	Foam	2.437	Putih	4.5	1	
52	Fragment	2.831	Abu-Abu	4.5	1	22
53	Fragment	0.924	Biru	4.5	1	
54	Fragment	0.590	Biru	4.5	1	
55	Fragment	1.487	Biru	4.5	1	
56	Fragment	2.317	Biru	4.5	1	
57	Fragment	1.620	Biru	4.5	1	
58	Fragment	1.356	Biru	4.5	1	
59	Fragment	1.215	Biru	4.5	1	
60	Fragment	2.548	Biru	4.5	1	
61	Fragment	2.383	Biru	4.5	1	
62	Fragment	4.934	Biru	4.5	1	
63	Fragment	3.633	Biru	4.5	1	



64	Fragment	1.083	Biru	4.5	1
65	Fragment	0.707	Biru	4.5	1
66	Fragment	0.936	Biru	4.5	1
67	Fragment	0.985	Biru	4.5	1
68	Fragment	0.251	Biru	4.5	1
69	Fragment	0.327	Hijau	4.5	1
70	Fragment	0.971	Hijau	4.5	1
71	Fragment	2.050	Putih	4	1
72	Fragment	4.314	Transparan	4.5	1
73	Fragment	1.118	Transparan	4.5	1

Stasiun 2 Plot 3						
No	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	1.925	Biru	4.5	1	31
2	Line	3.063	Biru	4.5	1	
3	Line	2.251	Biru	4.5	1	
4	Line	3.772	Biru	4.5	1	
5	Line	2.625	Biru	4.5	1	
6	Line	2.414	Biru	4.5	1	
7	Line	1.298	Biru	4.5	1	
8	Line	4.387	Biru	4.5	1	
9	Line	4.480	Biru	4.5	1	
10	Line	3.962	Biru	4.5	1	
11	Line	4.093	Biru	4.5	1	
12	Line	2.215	Hitam	4.5	1	
13	Line	1.048	Hitam	4.5	1	
14	Line	0.393	Hitam	4.5	1	
15	Line	2.697	Hitam	4.5	1	
16	Line	0.397	Hitam	4.5	1	
17	Line	4.891	Hitam	4.5	1	
18	Line	0.675	Hitam	4.5	1	
19	Line	3.892	Hitam	4.5	1	
20	Line	0.797	Merah	4.5	1	
21	Line	2.232	Merah	4.5	1	
	Line	1.568	Merah	4.5	1	
	Line	2.574	Merah	4.5	1	
	Line	1.428	Transparan	4.5	1	
	Line	3.540	Transparan	4.5	1	



26	Line	1.432	Ungu	4.5	1	
27	Line	2.557	Ungu	4.5	1	
28	Line	1.854	Ungu	4.5	1	
29	Line	0.758	Ungu	4.5	1	
30	Line	0.454	Ungu	4.5	1	
31	Line	0.745	Ungu	4.5	1	
32	Fragment	1.678	Biru	4.5	1	
33	Fragment	0.521	Biru	4.5	1	
34	Fragment	0.963	Biru	4.5	1	
35	Fragment	3.121	Biru	4.5	1	
36	Fragment	4.946	Hijau	2	1	10
37	Fragment	0.488	Hijau	4.5	1	
38	Fragment	0.683	Hijau	4.5	1	
39	Fragment	2.899	Hijau	4.5	1	
40	Fragment	0.586	Hijau	4.5	1	
41	Fragment	0.782	Hijau	4.5	1	

Stasiun 2 Plot 4						
N o	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	0.999	Biru	4.5	1	41
2	Line	1.494	Biru	4.5	1	
3	Line	2.156	Biru	4.5	1	
4	Line	3.714	Biru	4.5	1	
5	Line	1.393	Biru	4.5	1	
6	Line	2.258	Biru	4.5	1	
7	Line	2.055	Biru	4.5	1	
8	Line	1.876	Biru	4.5	1	
9	Line	2.411	Biru	4.5	1	
10	Line	1.492	Coklat	4.5	1	
11	Line	0.979	Hitam	4.5	1	
12	Line	1.324	Hitam	4.5	1	
13	Line	2.901	Hitam	4.5	1	
14	Line	1.630	Hitam	4.5	1	
15	Line	3.365	Hitam	4.5	1	
	Line	1.795	Hitam	4.5	1	
	Line	2.831	Hitam	4.5	1	
	Line	1.347	Hitam	4.5	1	
	Line	2.503	Hitam	4.5	1	



20	Line	4.817	Merah	4.5	1
21	Line	3.519	Merah	4.5	1
22	Line	4.995	Merah	4.5	1
23	Line	1.854	Merah	4.5	1
24	Line	3.293	Merah	4.5	1
25	Line	0.901	Merah	4.5	1
26	Line	1.921	Merah	4.5	1
27	Line	2.542	Merah	4.5	1
28	Line	1.690	Merah	4.5	1
29	Line	3.531	Merah	4.5	1
30	Line	2.035	Transparan	4.5	1
31	Line	3.049	Transparan	4.5	1
32	Line	1.192	Transparan	4.5	1
33	Line	3.202	Transparan	4.5	1
34	Line	1.669	Transparan	4.5	1
35	Line	0.560	Ungu	4.5	1
36	Line	1.924	Ungu	4.5	1
37	Line	1.664	Ungu	4.5	1
38	Line	3.481	Ungu	4.5	1
39	Line	1.298	Ungu	4.5	1
40	Line	0.828	Ungu	4.5	1
41	Line	1.316	Ungu	4.5	1
42	Fragmen t	0.626	Biru	4.5	1
43	Fragmen t	0.432	Biru	4.5	1
44	Fragmen t	0.736	Biru	4.5	1
45	Fragmen t	0.700	Biru	4.5	1
46	Fragmen t	0.170	Biru	4.5	1
47	Fragmen t	0.849	Biru	4.5	1
48	Fragmen t	0.431	Biru	4.5	1
49	Fragmen t	0.571	Biru	4.5	1
	Fragmen t	0.689	Biru	4.5	1
	Fragmen t	0.809	Biru	4.5	1
	Fragmen t	2.812	Biru	4.5	1

25



	t				
53	Fragmen t	0.210	Biru	4.5	1
54	Fragmen t	1.586	Biru	4.5	1
55	Fragmen t	1.106	Biru	4.5	1
56	Fragmen t	0.866	Biru	4.5	1
57	Fragmen t	0.720	Biru	4.5	1
58	Fragmen t	0.343	Biru	4.5	1
59	Fragmen t	0.471	Biru	4.5	1
60	Fragmen t	0.225	Biru	4.5	1
61	Fragmen t	0.859	Biru	4.5	1
62	Fragmen t	0.552	Biru	4.5	1
63	Fragmen t	0.239	Biru	4.5	1
64	Fragmen t	1.652	Biru	4.5	1
65	Fragmen t	1.234	Biru	4.5	1
66	Fragmen t	2.383	Biru	4.5	1

Stasiun 2 Plot 5						
No	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	0.273	Biru	4.5	1	42
2	Line	1.094	Biru	4.5	1	
3	Line	1.766	Biru	4.5	1	
4	Line	1.860	Biru	4.5	1	
	Line	3.622	Biru	3	1	
	Line	1.351	Biru	4.5	1	
	Line	2.037	Biru	4.5	1	



8	Line	2.912	Biru	4.5	1	
9	Line	2.317	Biru	4.5	1	
10	Line	0.598	Biru	4.5	1	
11	Line	3.043	Biru	3	1	
12	Line	1.595	Biru	4.5	1	
13	Line	1.622	Transparan	4.5	1	
14	Line	0.816	Transparan	4.5	1	
15	Line	1.494	Transparan	4.5	1	
16	Line	1.693	Transparan	4.5	1	
17	Line	1.821	Transparan	4.5	1	
18	Line	1.058	Transparan	4.5	1	
19	Line	2.086	Transparan	4.5	1	
20	Line	2.267	Transparan	4.5	1	
21	Line	0.757	Coklat	4.5	1	
22	Line	1.245	Hitam	4.5	1	
23	Line	0.677	Hitam	4.5	1	
24	Line	1.421	Hitam	4.5	1	
25	Line	0.758	Hitam	4.5	1	
26	Line	1.592	Hitam	4.5	1	
27	Line	2.173	Hitam	3	1	
28	Line	3.335	Hitam	3	1	
29	Line	1.039	Hitam	4.5	1	
30	Line	2.537	Hitam	4.5	1	
31	Line	2.188	Hitam	4.5	1	
32	Line	0.878	Merah	4.5	1	
33	Line	2.667	Merah	4.5	1	
34	Line	2.081	Merah	4.5	1	
35	Line	1.467	Merah	4.5	1	
36	Line	2.525	Merah	4.5	1	
37	Line	1.092	Merah	4.5	1	
38	Line	1.486	Transparan	4.5	1	
39	Line	1.355	Transparan	4.5	1	
40	Line	1.795	Transparan	4.5	1	
41	Line	1.820	Transparan	3	1	
42	Line	1.795	Ungu	4.5	1	
43	Fragment	0.195	Biru	4.5	1	21
44	Fragment	0.133	Biru	4.5	1	
45	Fragment	0.758	Biru	4.5	1	
46	Fragment	0.211	Biru	4.5	1	



47	Fragment	0.260	Biru	4.5	1
48	Fragment	0.308	Biru	4.5	1
49	Fragment	0.215	Biru	4.5	1
50	Fragment	0.312	Biru	4.5	1
51	Fragment	0.177	Biru	4.5	1
52	Fragment	2.082	Biru	4	1
53	Fragment	0.559	Biru	4	1
54	Fragment	0.378	Biru	4	1
55	Fragment	1.555	Biru	4.5	1
56	Fragment	0.758	Biru	4.5	1
57	Fragment	0.243	Biru	4.5	1
58	Fragment	0.332	Biru	4.5	1
59	Fragment	0.344	Biru	4.5	1
60	Fragment	0.397	Biru	4.5	1
61	Fragment	0.320	Hijau	4	1
62	Fragment	0.924	Merah	4.5	1
63	Fragment	1.509	Putih	4	1

Stasiun 3 Plot 1						
No	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	1.092	Biru	4.5	1	21
2	Line	1.019	Biru	4.5	1	
3	Line	0.806	Biru	4.5	1	
4	Line	4.695	Biru	4.5	1	
5	Line	1.117	Biru	4.5	1	
6	Line	4.183	Biru	4	1	
7	Line	1.644	Hitam	4.5	1	
8	Line	3.555	Hitam	4.5	1	
9	Line	0.711	Hitam	4.5	1	
10	Line	1.068	Hitam	4	1	
11	Line	1.607	Hitam	4	1	
12	Line	2.015	Hitam	4.5	1	
13	Line	2.076	Merah	4.5	1	
14	Line	2.243	Merah	4.5	1	
	Line	1.476	Merah	4.5	1	
	Line	0.800	Merah	4.5	1	
	Line	0.617	Merah	4.5	1	
	Line	0.702	Merah	4	1	



19	Line	1.295	Merah	4	1	35
20	Line	1.053	Merah	4.5	1	
21	Line	3.595	Transparasi	4.5	1	
22	Film	0.765	Abu-abu	4.5	1	
23	Film	0.536	Biru	4.5	1	
24	Film	0.655	Biru	4	1	
25	Film	0.479	Biru	4.5	1	
26	Film	0.442	Biru	4.5	1	
27	Film	0.797	Biru	4.5	1	
28	Film	0.526	Biru	4.5	1	
29	Film	0.820	Biru	4.5	1	
30	Film	0.540	Biru	4.5	1	
31	Film	1.722	Biru	4	1	
32	Film	0.593	Biru	4.5	1	
33	Film	0.534	Biru	4.5	1	
34	Film	1.029	Biru	3	1	
35	Film	0.605	Biru	4	1	
36	Film	0.456	Biru	4	1	
37	Film	1.255	Biru	2.5	1	
38	Film	1.048	Biru	4.5	1	
39	Film	1.686	Biru	3	1	
40	Film	0.901	Biru	4	1	
41	Film	0.616	Biru	4	1	
42	Film	0.950	Biru	2.5	1	
43	Film	1.545	Hitam	3	1	
44	Film	2.190	Hitam	3	1	
45	Film	1.467	Kuning	4.5	1	
46	Film	1.757	Kuning	4	1	
47	Film	2.070	Kuning	4	1	
48	Film	2.181	Kuning	2.5	1	
49	Film	3.505	Putih	3	1	
50	Film	4.480	Putih	2	1	
51	Film	1.811	Transparan	4	1	
52	Film	4.001	Transparan	3	1	
53	Film	4.978	Transparan	2	1	
54	Film	3.036	Transparan	2.5	1	
55	Film	3.762	Transparan	2.5	1	
56	Film	2.011	Transparan	3	1	
57	Foam	4.199	Biru	4.5	1	6



58	Foam	0.599	Hijau	4.5	1	187
59	Foam	1.089	Putih	4.5	1	
60	Foam	2.264	Putih	4.5	1	
61	Foam	0.879	Putih	4	1	
62	Foam	1.424	Putih	2.5	1	
63	Fragment	0.716	Abu-abu	4.5	1	
64	Fragment	0.404	Biru	4	1	
65	Fragment	0.766	Biru	4.5	1	
66	Fragment	0.439	Biru	4.5	1	
67	Fragment	0.407	Biru	4.5	1	
68	Fragment	0.461	Biru	4.5	1	
69	Fragment	0.731	Biru	4.5	1	
70	Fragment	0.462	Biru	4.5	1	
71	Fragment	0.686	Biru	4.5	1	
72	Fragment	1.333	Biru	4.5	1	
73	Fragment	0.366	Biru	4.5	1	
74	Fragment	0.670	Biru	4.5	1	
75	Fragment	1.031	Biru	4.5	1	
76	Fragment	1.009	Biru	4.5	1	
77	Fragment	0.816	Biru	4.5	1	
78	Fragment	1.006	Biru	4.5	1	
79	Fragment	0.596	Biru	4.5	1	
80	Fragment	0.586	Biru	4.5	1	
81	Fragment	0.632	Biru	4.5	1	
82	Fragment	0.318	Biru	4.5	1	
83	Fragment	0.656	Biru	4.5	1	
84	Fragment	0.451	Biru	4.5	1	
85	Fragment	0.610	Biru	4.5	1	
86	Fragment	0.670	Biru	4.5	1	
87	Fragment	0.620	Biru	4.5	1	
88	Fragment	0.913	Biru	4.5	1	
89	Fragment	0.636	Biru	4	1	
90	Fragment	1.371	Biru	4.5	1	
91	Fragment	0.142	Biru	4.5	1	
92	Fragment	0.256	Biru	4.5	1	
93	Fragment	1.088	Biru	4.5	1	
94	Fragment	0.853	Biru	4.5	1	
95	Fragment	0.769	Biru	4.5	1	
96	Fragment	0.596	Biru	4.5	1	



97	Fragment	0.817	Biru	4.5	1
98	Fragment	1.000	Biru	3	1
99	Fragment	0.509	Biru	3	1
100	Fragment	0.363	Biru	3	1
101	Fragment	1.956	Biru	3	1
102	Fragment	1.823	Biru	3	1
103	Fragment	1.276	Biru	4.5	1
104	Fragment	0.438	Biru	4.5	1
105	Fragment	0.450	Biru	4.5	1
106	Fragment	0.426	Biru	4.5	1
107	Fragment	0.327	Biru	4.5	1
108	Fragment	0.270	Biru	4.5	1
109	Fragment	0.371	Biru	4.5	1
110	Fragment	0.988	Biru	3	1
111	Fragment	0.369	Biru	4	1
112	Fragment	0.445	Biru	4	1
113	Fragment	0.627	Biru	4	1
114	Fragment	0.647	Biru	4.5	1
115	Fragment	0.987	Biru	4.5	1
116	Fragment	0.425	Biru	4.5	1
117	Fragment	1.908	Biru	4	1
118	Fragment	1.064	Biru	4	1
119	Fragment	0.577	Biru	4	1
120	Fragment	0.722	Biru	4	1
121	Fragment	0.877	Biru	4	1
122	Fragment	1.440	Biru	4	1
123	Fragment	0.558	Biru	4	1
124	Fragment	0.507	Biru	4	1
125	Fragment	0.679	Biru	4	1
126	Fragment	2.237	Biru	4	1
127	Fragment	0.424	Biru	4	1
128	Fragment	0.400	Biru	4	1
129	Fragment	1.546	Biru	3	1
130	Fragment	0.449	Biru	3	1
131	Fragment	1.235	Biru	3	1
132	Fragment	0.240	Biru	3	1
133	Fragment	0.559	Biru	3.5	1
134	Fragment	3.853	Biru	3.5	1
135	Fragment	0.636	Biru	3	1



136	Fragment	0.986	Biru	3	1
137	Fragment	0.426	Biru	4.5	1
138	Fragment	1.053	Biru	4	1
139	Fragment	0.950	Biru	2	1
140	Fragment	0.476	Biru	2	1
141	Fragment	0.744	Biru	2	1
142	Fragment	1.596	Biru	2.5	1
143	Fragment	1.432	Biru	2.5	1
144	Fragment	0.593	Biru	2.5	1
145	Fragment	0.689	Biru	2.5	1
146	Fragment	0.768	Biru	2.5	1
147	Fragment	0.376	Biru	2.5	1
148	Fragment	0.376	Biru	4.5	1
149	Fragment	1.192	Biru	4.5	1
150	Fragment	1.081	Biru	4.5	1
151	Fragment	0.730	Biru	4.5	1
152	Fragment	1.793	Biru	4	1
153	Fragment	0.567	Biru	4.5	1
154	Fragment	0.597	Biru	4.5	1
155	Fragment	0.364	Hijau	3	1
156	Fragment	2.082	Hijau	4	1
157	Fragment	0.771	Hijau	4.5	1
158	Fragment	0.445	Hijau	4.5	1
159	Fragment	0.571	Hijau	4.5	1
160	Fragment	0.692	Hijau	4.5	1
161	Fragment	0.281	Hijau	4.5	1
162	Fragment	0.682	Hijau	4.5	1
163	Fragment	1.097	Hijau	4.5	1
164	Fragment	0.387	Hijau	4.5	1
165	Fragment	2.935	Hijau	4.5	1
166	Fragment	2.009	Hijau	4.5	1
167	Fragment	1.288	Hijau	3	1
168	Fragment	0.869	Hijau	4.5	1
169	Fragment	0.368	Hijau	3	1
170	Fragment	0.637	Hijau	4	1
171	Fragment	0.422	Hijau	4	1
	Fragment	1.100	Hijau	4.5	1
	Fragment	0.643	Hijau	4.5	1
	Fragment	0.531	Hijau	4	1



175	Fragment	0.970	Hijau	4	1
176	Fragment	0.507	Hijau	3	1
177	Fragment	0.213	Hijau	3	1
178	Fragment	2.208	Hijau	2.5	1
179	Fragment	0.925	Hitam	4	1
180	Fragment	1.600	Jingga	4	1
181	Fragment	1.416	Jingga	4	1
182	Fragment	0.456	Kuning	4	1
183	Fragment	0.722	Kuning	4	1
184	Fragment	4.931	Kuning	4	1
185	Fragment	0.641	Merah	4.5	1
186	Fragment	2.462	Merah	3	1
187	Fragment	0.579	Merah	4	1
188	Fragment	0.608	Merah	4	1
189	Fragment	0.516	Merah	4.5	1
190	Fragment	0.655	Pigmentasi	4.5	1
191	Fragment	0.835	Pigmentasi	4.5	1
192	Fragment	0.467	Pigmentasi	4.5	1
193	Fragment	1.730	Pigmentasi	4.5	1
194	Fragment	0.459	Pigmentasi	4.5	1
195	Fragment	0.236	Pigmentasi	4.5	1
196	Fragment	1.160	Pigmentasi	4.5	1
197	Fragment	1.001	Pigmentasi	3	1
198	Fragment	0.453	Pigmentasi	4.5	1
199	Fragment	1.140	Putih	4	1
200	Fragment	2.407	Putih	3	1
201	Fragment	2.069	Putih	3	1
202	Fragment	2.269	Putih	3	1
203	Fragment	1.177	Putih	3	1
204	Fragment	1.644	Putih	3	1
205	Fragment	2.122	Putih	3	1
206	Fragment	0.677	Putih	4	1
207	Fragment	3.038	Putih	4	1
208	Fragment	2.257	Putih	2.5	1
209	Fragment	0.838	Putih	4	1
210	Fragment	1.731	Putih	4	1
	Fragment	1.836	Putih	4	1
	Fragment	1.419	Putih	4	1
	Fragment	0.932	Putih	3	1



214	Fragment	2.320	Putih	3	1
215	Fragment	3.490	Putih	3	1
216	Fragment	1.780	Putih	2	1
217	Fragment	3.051	Putih	2.5	1
218	Fragment	2.646	Putih	2.5	1
219	Fragment	1.887	Putih	4.5	1
220	Fragment	1.299	Putih	4	1
221	Fragment	0.634	Transparan	3	1
222	Fragment	0.475	Transparan	3	1
223	Fragment	0.534	Transparan	3	1
224	Fragment	0.185	Transparan	3	1
225	Fragment	0.447	Transparan	3	1
226	Fragment	0.377	Transparan	3	1
227	Fragment	0.858	Transparan	4	1
228	Fragment	0.743	Transparan	4	1
229	Fragment	0.435	Transparan	4	1
230	Fragment	0.470	Transparan	4	1
231	Fragment	0.332	Transparan	4	1
232	Fragment	3.264	Transparan	4.5	1
233	Fragment	1.377	Transparan	4	1
234	Fragment	1.670	Transparan	4	1
235	Fragment	2.208	Transparan	4	1
236	Fragment	2.475	Transparan	4	1
237	Fragment	0.616	Transparan	4.5	1
238	Fragment	1.111	Transparan	4.5	1
239	Fragment	4.985	Transparan	2	1
240	Fragment	0.573	Transparan	4.5	1
241	Fragment	1.379	Transparan	4	1
242	Fragment	0.823	Transparan	3	1
243	Fragment	3.674	Transparan	3	1
244	Fragment	0.712	Transparan	4.5	1
245	Fragment	0.465	Transparan	4.5	1
246	Fragment	0.443	Transparan	4.5	1
247	Fragment	0.527	Transparan	4.5	1
248	Fragment	1.387	Transparan	2.5	1
249	Fragment	0.577	Transparan	2.5	1
250	Microbeads	0.292	Putih	4	1
					1



No	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	1.230	Hitam	4	1	3
2	Line	4.116	Hitam	4.5	1	
3	Line	2.095	Merah	4.5	1	
4	Film	0.752	Biru	4.5	1	14
5	Film	2.211	Biru	4.5	1	
6	Film	1.545	Biru	4.5	1	
7	Film	0.881	Biru	3	1	
8	Film	2.049	Coklat	4	1	
9	Film	1.247	Coklat	4.5	1	
10	Film	1.433	Coklat	4.5	1	
11	Film	0.535	Coklat	4	1	
12	Film	1.185	Coklat	4	1	
13	Film	1.257	Coklat	4	1	
14	Film	1.841	Hitam	4.5	1	
15	Film	4.962	Merah	4.5	1	
16	Film	3.552	Transparan	4	1	
17	Film	2.153	Ungu	4.5	1	
18	Foam	0.997	Putih	3.5	1	15
19	Foam	1.266	Putih	3.5	1	
20	Foam	0.755	Putih	3.5	1	
21	Foam	2.773	Putih	3.5	1	
22	Foam	3.546	Putih	3.5	1	
23	Foam	3.253	Putih	2	1	
24	Foam	1.004	Putih	2	1	
25	Foam	3.325	Putih	2	1	
26	Foam	1.483	Putih	3.5	1	
27	Foam	2.125	Putih	4.5	1	
28	Foam	1.525	Putih	4.5	1	
29	Foam	1.639	Putih	4.5	1	
30	Foam	1.421	Putih	4.5	1	
31	Foam	3.109	Putih	3.5	1	
32	Foam	1.760	Transparan	4.5	1	
33	Fragment	0.231	Biru	4.5	1	56
34	Fragment	0.073	Biru	4.5	1	
35	Fragment	2.866	Biru	4	1	
36	Fragment	0.414	Biru	4.5	1	
37	Fragment	0.362	Biru	4.5	1	
38	Fragment	0.768	Biru	4.5	1	



39	Fragment	0.399	Biru	4.5	1
40	Fragment	0.688	Biru	4.5	1
41	Fragment	0.884	Biru	4.5	1
42	Fragment	0.430	Biru	4.5	1
43	Fragment	0.152	Biru	4.5	1
44	Fragment	0.215	Biru	4.5	1
45	Fragment	0.207	Biru	4.5	1
46	Fragment	0.472	Biru	4.5	1
47	Fragment	0.585	Biru	4.5	1
48	Fragment	0.295	Biru	4.5	1
49	Fragment	0.362	Biru	4.5	1
50	Fragment	0.831	Biru	4.5	1
51	Fragment	0.573	Biru	4.5	1
52	Fragment	0.795	Biru	4.5	1
53	Fragment	0.536	Biru	4.5	1
54	Fragment	0.522	Biru	4.5	1
55	Fragment	0.295	Biru	4.5	1
56	Fragment	0.605	Biru	4.5	1
57	Fragment	0.156	Biru	4.5	1
58	Fragment	0.197	Biru	4.5	1
59	Fragment	0.249	Biru	4.5	1
60	Fragment	0.114	Biru	4.5	1
61	Fragment	0.092	Biru	4.5	1
62	Fragment	0.087	Biru	4.5	1
63	Fragment	0.101	Biru	4.5	1
64	Fragment	1.126	Biru	4.5	1
65	Fragment	0.909	Biru	4.5	1
66	Fragment	0.746	Biru	4.5	1
67	Fragment	1.528	Biru	4.5	1
68	Fragment	0.580	Biru	4.5	1
69	Fragment	0.411	Biru	3.5	1
70	Fragment	0.257	Biru	3.5	1
71	Fragment	0.471	Biru	4	1
72	Fragment	0.822	Biru	4	1
73	Fragment	0.547	Biru	4	1
74	Fragment	0.580	Biru	4	1
75	Fragment	0.593	Biru	4	1
76	Fragment	0.366	Biru	3	1
77	Fragment	1.722	Biru	3	1



78	Fragment	0.349	Hijau	4.5	1
79	Fragment	0.690	Hijau	4.5	1
80	Fragment	0.833	Hijau	4.5	1
81	Fragment	0.412	Hijau	4.5	1
82	Fragment	2.171	Hijau	4.5	1
83	Fragment	2.425	Hijau	4.5	1
84	Fragment	1.026	Jingga	4.5	1
85	Fragment	2.363	Transparan	4.5	1
86	Fragment	0.929	Transparan	3.5	1
87	Fragment	2.651	Transparan	3.5	1
88	Fragment	3.137	Transparan	4.5	1

Stasiun 3 Plot 3						
No	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	3.416	Biru	4.5	1	8
2	Line	3.571	Biru	4.5	1	
3	Line	1.219	Biru	4.5	1	
4	Line	2.741	Coklat	4.5	1	
5	Line	2.183	Merah	4.5	1	
6	Line	0.850	Merah	4.5	1	
7	Line	4.767	Merah	4.5	1	
8	Line	2.083	Ungu	4.5	1	
9	Film	1.032	Hitam	2	1	40
10	Film	1.214	Kuning	4.5	1	
11	Film	1.183	Merah	2	1	
12	Film	2.337	Putih	4.5	1	
13	Film	2.906	Putih	2	1	
14	Film	4.386	Transparan	3.5	1	
15	Film	2.058	Transparan	4	1	
16	Film	2.150	Transparan	4.5	1	
17	Film	1.334	Transparan	4.5	1	
18	Film	1.753	Transparan	4.5	1	
19	Film	2.373	Transparan	4.5	1	
20	Film	1.395	Transparan	4.5	1	
	Film	2.621	Transparan	4.5	1	
	Film	3.455	Transparan	4.5	1	
	Film	2.262	Transparan	4.5	1	
	Film	1.440	Transparan	4.5	1	



25	Film	1.586	Transparan	4.5	1	
26	Film	1.176	Transparan	4.5	1	
27	Film	1.361	Transparan	4.5	1	
28	Film	1.462	Transparan	4.5	1	
29	Film	1.584	Transparan	4.5	1	
30	Film	1.403	Transparan	4.5	1	
31	Film	1.574	Transparan	4.5	1	
32	Film	0.711	Transparan	4.5	1	
33	Film	2.430	Transparan	4.5	1	
34	Film	0.734	Transparan	4.5	1	
35	Film	0.796	Transparan	4.5	1	
36	Film	1.819	Transparan	4.5	1	
37	Film	0.835	Transparan	4.5	1	
38	Film	1.480	Transparan	4.5	1	
39	Film	0.638	Transparan	4.5	1	
40	Film	2.082	Transparan	4	1	
41	Film	3.966	Transparan	3	1	
42	Film	3.069	Transparan	3	1	
43	Film	4.128	Transparan	4.5	1	
44	Film	3.784	Transparan	2	1	
45	Film	2.985	Transparan	2	1	
46	Film	2.218	Transparan	3	1	
47	Film	3.283	Transparan	3	1	
48	Film	1.824	Ungu	4.5	1	
49	Foam	2.279	Putih	4.5	1	36
50	Foam	2.978	Putih	4.5	1	
51	Foam	2.249	Putih	4.5	1	
52	Foam	0.891	Putih	4.5	1	
53	Foam	0.959	Putih	4.5	1	
54	Foam	0.959	Putih	4.5	1	
55	Foam	1.984	Putih	4.5	1	
56	Foam	2.132	Putih	3.5	1	
57	Foam	3.870	Putih	3	1	
58	Foam	1.084	Putih	4.5	1	
59	Foam	0.950	Putih	4.5	1	
60	Foam	0.919	Putih	4.5	1	
	Foam	0.973	Putih	4.5	1	
	Foam	1.215	Putih	4.5	1	
	Foam	1.160	Putih	4.5	1	



64	Foam	1.316	Putih	4.5	1	
65	Foam	1.901	Putih	4.5	1	
66	Foam	1.046	Putih	4.5	1	
67	Foam	0.708	Putih	4.5	1	
68	Foam	0.401	Putih	4.5	1	
69	Foam	1.477	Putih	4.5	1	
70	Foam	0.924	Putih	4.5	1	
71	Foam	0.951	Putih	4.5	1	
72	Foam	3.675	Putih	4	1	
73	Foam	3.993	Putih	2	1	
74	Foam	2.710	Putih	2	1	
75	Foam	1.736	Putih	2	1	
76	Foam	2.575	Putih	2	1	
77	Foam	1.118	Putih	3.5	1	
78	Foam	1.104	Transparan	4.5	1	
79	Foam	0.914	Transparan	4.5	1	
80	Foam	0.815	Transparan	4.5	1	
81	Foam	1.017	Transparan	4.5	1	
82	Foam	0.704	Transparan	4.5	1	
83	Foam	0.754	Transparan	3	1	
84	Foam	4.719	Transparan	3.5	1	
85	Fragment	0.530	Abu-Abu	4.5	1	342
86	Fragment	0.841	Abu-Abu	3.5	1	
87	Fragment	0.699	Abu-Abu	3.5	1	
88	Fragment	0.801	Abu-Abu	3	1	
89	Fragment	0.667	Abu-Abu	3	1	
90	Fragment	0.601	Abu-Abu	3	1	
91	Fragment	1.988	Abu-Abu	3	1	
92	Fragment	0.671	Abu-abu	3.5	1	
93	Fragment	1.098	Abu-abu	3	1	
94	Fragment	0.642	Abu-abu	3	1	
95	Fragment	2.549	Transparan	3	1	
96	Fragment	2.303	Biru	4.5	1	
97	Fragment	0.716	Biru	4.5	1	
98	Fragment	0.437	Biru	4.5	1	
99	Fragment	0.709	Biru	4.5	1	
100	Fragment	0.514	Biru	4.5	1	
101	Fragment	0.403	Biru	4.5	1	
102	Fragment	0.279	Biru	4.5	1	



103	Fragment	1.857	Biru	4.5	1
104	Fragment	0.945	Biru	4.5	1
105	Fragment	0.919	Biru	4.5	1
106	Fragment	0.471	Biru	4.5	1
107	Fragment	1.034	Biru	4.5	1
108	Fragment	0.441	Biru	4.5	1
109	Fragment	0.866	Biru	4.5	1
110	Fragment	0.687	Biru	4.5	1
111	Fragment	1.787	Biru	2.5	1
112	Fragment	0.965	Biru	2.5	1
113	Fragment	2.850	Biru	2	1
114	Fragment	1.167	Biru	3	1
115	Fragment	1.313	Biru	3	1
116	Fragment	1.086	Biru	3.5	1
117	Fragment	0.881	Biru	3.5	1
118	Fragment	0.539	Biru	3.5	1
119	Fragment	0.415	Biru	3.5	1
120	Fragment	0.581	Biru	3	1
121	Fragment	0.596	Biru	3	1
122	Fragment	0.537	Biru	3.5	1
123	Fragment	0.515	Biru	3.5	1
124	Fragment	0.460	Biru	3.5	1
125	Fragment	0.326	Biru	2	1
126	Fragment	0.651	Biru	3	1
127	Fragment	0.500	Coklat	4.5	1
128	Fragment	0.843	Coklat	3	1
129	Fragment	1.348	Coklat	3.5	1
130	Fragment	1.251	Coklat	3	1
131	Fragment	1.394	Hijau	4.5	1
132	Fragment	0.493	Hijau	4.5	1
133	Fragment	0.672	Hijau	4.5	1
134	Fragment	0.720	Hijau	4.5	1
135	Fragment	0.417	Hijau	4.5	1
136	Fragment	0.508	Hijau	4.5	1
137	Fragment	1.194	Hijau	4.5	1
138	Fragment	0.624	Hijau	4.5	1
139	Fragment	0.201	Hijau	4.5	1
140	Fragment	0.356	Hijau	4.5	1
141	Fragment	0.556	Hijau	4.5	1



142	Fragment	0.855	Hijau	4.5	1
143	Fragment	0.964	Hijau	4.5	1
144	Fragment	0.410	Hijau	4.5	1
145	Fragment	0.482	Hijau	4.5	1
146	Fragment	0.435	Hijau	4.5	1
147	Fragment	0.499	Hijau	4.5	1
148	Fragment	0.463	Hijau	4.5	1
149	Fragment	0.744	Hijau	4.5	1
150	Fragment	0.386	Hijau	4.5	1
151	Fragment	0.576	Hijau	4.5	1
152	Fragment	0.913	Hijau	4.5	1
153	Fragment	1.423	Hijau	4.5	1
154	Fragment	0.683	Hijau	4.5	1
155	Fragment	1.448	Hijau	4.5	1
156	Fragment	0.442	Hijau	4.5	1
157	Fragment	0.443	Hijau	4.5	1
158	Fragment	0.950	Hijau	4.5	1
159	Fragment	0.383	Hijau	4.5	1
160	Fragment	3.095	Hijau	4	1
161	Fragment	1.910	Hijau	4.5	1
162	Fragment	0.642	Hijau	4.5	1
163	Fragment	1.650	Hijau	4.5	1
164	Fragment	0.563	Hijau	2.5	1
165	Fragment	0.799	Hijau	2.5	1
166	Fragment	0.756	Hijau	2.5	1
167	Fragment	0.845	Hijau	2.5	1
168	Fragment	1.453	Hijau	3	1
169	Fragment	0.776	Hijau	3.5	1
170	Fragment	0.813	Hijau	3.5	1
171	Fragment	0.505	Hijau	3.5	1
172	Fragment	0.522	Hijau	3	1
173	Fragment	0.483	Hijau	3	1
174	Fragment	0.891	Hijau	3	1
175	Fragment	1.126	Hijau	3	1
176	Fragment	3.204	Hitam	4.5	1
177	Fragment	1.896	Hitam	4.5	1
178	Fragment	0.756	Hitam	3	1
179	Fragment	0.550	Jingga	3.5	1
180	Fragment	2.645	Kuning	3	1



181	Fragment	1.862	Kuning	4.5	1
182	Fragment	3.047	Kuning	4.5	1
183	Fragment	0.363	Kuning	4.5	1
184	Fragment	0.372	Kuning	4.5	1
185	Fragment	0.993	Kuning	4.5	1
186	Fragment	0.806	Kuning	4.5	1
187	Fragment	0.456	Kuning	4.5	1
188	Fragment	0.778	Kuning	4.5	1
189	Fragment	0.865	Kuning	4.5	1
190	Fragment	0.649	Kuning	4.5	1
191	Fragment	0.540	Kuning	4.5	1
192	Fragment	0.603	Kuning	4.5	1
193	Fragment	0.788	Kuning	4.5	1
194	Fragment	3.348	Kuning	2	1
195	Fragment	1.908	Kuning	3	1
196	Fragment	0.565	Kuning	3	1
197	Fragment	1.284	Kuning	3	1
198	Fragment	0.615	Kuning	3	1
199	Fragment	0.862	Kuning	3	1
200	Fragment	2.212	Kuning	4.5	1
201	Fragment	1.014	Merah	4.5	1
202	Fragment	0.451	Merah	4.5	1
203	Fragment	1.504	Merah	4	1
204	Fragment	2.171	Merah	2.5	1
205	Fragment	1.345	Merah	4.5	1
206	Fragment	0.804	Merah	3	1
207	Fragment	0.919	Merah	3	1
208	Fragment	0.484	Merah	3	1
209	Fragment	0.400	Jingga	4.5	1
210	Fragment	0.595	Jingga	4.5	1
211	Fragment	0.669	Jingga	3.5	1
212	Fragment	4.938	Merah	2	1
213	Fragment	3.569	Putih	4	1
214	Fragment	3.224	Putih	3	1
215	Fragment	1.729	Putih	4.5	1
216	Fragment	1.700	Putih	4.5	1
	Fragment	3.237	Putih	4.5	1
	Fragment	2.956	Putih	4	1
	Fragment	1.019	Putih	4.5	1



220	Fragment	1.626	Putih	4.5	1
221	Fragment	2.463	Putih	4.5	1
222	Fragment	2.294	Putih	4.5	1
223	Fragment	1.756	Putih	4.5	1
224	Fragment	1.260	Putih	4.5	1
225	Fragment	1.583	Putih	4.5	1
226	Fragment	1.608	Putih	4.5	1
227	Fragment	1.379	Putih	4.5	1
228	Fragment	0.516	Putih	4.5	1
229	Fragment	0.513	Putih	4.5	1
230	Fragment	0.895	Putih	4.5	1
231	Fragment	0.833	Putih	4.5	1
232	Fragment	0.409	Putih	4.5	1
233	Fragment	1.013	Putih	4.5	1
234	Fragment	0.568	Putih	4.5	1
235	Fragment	0.942	Putih	4.5	1
236	Fragment	1.018	Putih	4.5	1
237	Fragment	0.962	Putih	4.5	1
238	Fragment	0.816	Putih	4.5	1
239	Fragment	0.507	Putih	4.5	1
240	Fragment	1.013	Putih	4.5	1
241	Fragment	3.514	Putih	2	1
242	Fragment	2.416	Putih	2	1
243	Fragment	2.764	Putih	2	1
244	Fragment	2.685	Putih	3	1
245	Fragment	2.605	Putih	3	1
246	Fragment	1.135	Putih	3	1
247	Fragment	2.736	Putih	3	1
248	Fragment	1.147	Putih	3	1
249	Fragment	1.662	Putih	3	1
250	Fragment	1.240	Putih	3	1
251	Fragment	2.788	Putih	3	1
252	Fragment	1.634	Putih	3	1
253	Fragment	0.480	Putih	3.5	1
254	Fragment	1.293	Putih	3	1
255	Fragment	1.671	Putih	3	1
	Fragment	4.111	Pigmentasi	3.5	1
	Fragment	3.109	Transaparan	3	1
	Fragment	2.062	Transaparan	3.5	1



259	Fragment	1.069	Transaparan	4.5	1
260	Fragment	1.049	Transaparan	4.5	1
261	Fragment	2.639	Transaparan	4.5	1
262	Fragment	1.088	Transaparan	4.5	1
263	Fragment	1.180	Transaparan	4.5	1
264	Fragment	2.000	Transaparan	4.5	1
265	Fragment	1.442	Transaparan	4.5	1
266	Fragment	1.240	Transaparan	4.5	1
267	Fragment	2.381	Transaparan	4.5	1
268	Fragment	1.294	Transaparan	4.5	1
269	Fragment	1.777	Transaparan	4.5	1
270	Fragment	2.458	Transaparan	4.5	1
271	Fragment	1.536	Transaparan	4.5	1
272	Fragment	0.856	Transaparan	4.5	1
273	Fragment	0.713	Transaparan	4.5	1
274	Fragment	0.719	Transaparan	4.5	1
275	Fragment	0.491	Transaparan	4.5	1
276	Fragment	3.233	Transaparan	4.5	1
277	Fragment	0.566	Transaparan	4.5	1
278	Fragment	0.432	Transaparan	4.5	1
279	Fragment	1.233	Transaparan	4.5	1
280	Fragment	0.930	Transaparan	4.5	1
281	Fragment	3.491	Transaparan	4	1
282	Fragment	2.104	Transaparan	4.5	1
283	Fragment	1.461	Transaparan	4.5	1
284	Fragment	0.550	Transaparan	4.5	1
285	Fragment	1.271	Transaparan	4.5	1
286	Fragment	0.598	Transaparan	4.5	1
287	Fragment	0.801	Transaparan	4.5	1
288	Fragment	0.410	Transaparan	4.5	1
289	Fragment	0.323	Transaparan	4.5	1
290	Fragment	0.584	Transaparan	4.5	1
291	Fragment	0.536	Transaparan	4.5	1
292	Fragment	0.701	Transaparan	4.5	1
293	Fragment	0.685	Transaparan	4.5	1
294	Fragment	1.066	Transaparan	4.5	1
	Fragment	0.652	Transaparan	4.5	1
	Fragment	0.544	Transaparan	4.5	1
	Fragment	0.458	Transaparan	4.5	1



298	Fragment	0.660	Transparan	4.5	1
299	Fragment	0.792	Transparan	4.5	1
300	Fragment	0.439	Transparan	4.5	1
301	Fragment	0.533	Transparan	4.5	1
302	Fragment	0.550	Transparan	4.5	1
303	Fragment	0.674	Transparan	4.5	1
304	Fragment	0.827	Transparan	4.5	1
305	Fragment	0.408	Transparan	4.5	1
306	Fragment	1.282	Transparan	4.5	1
307	Fragment	1.311	Transparan	4.5	1
308	Fragment	0.536	Transparan	4.5	1
309	Fragment	0.954	Transparan	4.5	1
310	Fragment	0.768	Transparan	4.5	1
311	Fragment	0.634	Transparan	4.5	1
312	Fragment	0.408	Transparan	4.5	1
313	Fragment	0.759	Transparan	4.5	1
314	Fragment	0.598	Transparan	4.5	1
315	Fragment	0.343	Transparan	4.5	1
316	Fragment	0.951	Transparan	4.5	1
317	Fragment	0.716	Transparan	4.5	1
318	Fragment	0.816	Transparan	4.5	1
319	Fragment	0.517	Transparan	4.5	1
320	Fragment	0.433	Transparan	4.5	1
321	Fragment	0.275	Transparan	4.5	1
322	Fragment	2.310	Transparan	4.5	1
323	Fragment	0.621	Transparan	4.5	1
324	Fragment	1.013	Transparan	4.5	1
325	Fragment	1.702	Transparan	4.5	1
326	Fragment	0.268	Transparan	4.5	1
327	Fragment	0.645	Transparan	4.5	1
328	Fragment	0.633	Transparan	4.5	1
329	Fragment	0.820	Transparan	4.5	1
330	Fragment	0.584	Transparan	4.5	1
331	Fragment	0.749	Transparan	4.5	1
332	Fragment	1.149	Transparan	4.5	1
333	Fragment	1.201	Transparan	4.5	1
334	Fragment	1.045	Transparan	4.5	1
335	Fragment	0.990	Transparan	4.5	1
336	Fragment	1.128	Transparan	4.5	1



337	Fragment	0.654	Transparan	4.5	1
338	Fragment	0.624	Transparan	4.5	1
339	Fragment	0.420	Transparan	4.5	1
340	Fragment	0.479	Transparan	4.5	1
341	Fragment	0.504	Transparan	4.5	1
342	Fragment	0.730	Transparan	4.5	1
343	Fragment	0.799	Transparan	4.5	1
344	Fragment	0.907	Transparan	4.5	1
345	Fragment	0.517	Transparan	4.5	1
346	Fragment	0.571	Transparan	4.5	1
347	Fragment	0.504	Transparan	4.5	1
348	Fragment	0.949	Transparan	4.5	1
349	Fragment	0.523	Transparan	4.5	1
350	Fragment	0.410	Transparan	4.5	1
351	Fragment	0.357	Transparan	4.5	1
352	Fragment	0.415	Transparan	4.5	1
353	Fragment	1.744	Transparan	4.5	1
354	Fragment	1.583	Transparan	4.5	1
355	Fragment	2.080	Transparan	4.5	1
356	Fragment	0.551	Transparan	4.5	1
357	Fragment	0.883	Transparan	4.5	1
358	Fragment	0.540	Transparan	4.5	1
359	Fragment	0.651	Transparan	4.5	1
360	Fragment	0.686	Transparan	4.5	1
361	Fragment	1.101	Transparan	4.5	1
362	Fragment	0.792	Transparan	4.5	1
363	Fragment	1.003	Transparan	4	1
364	Fragment	1.453	Transparan	4	1
365	Fragment	0.822	Transparan	4.5	1
366	Fragment	0.866	Transparan	4.5	1
367	Fragment	0.851	Transparan	4.5	1
368	Fragment	0.940	Transparan	4	1
369	Fragment	1.293	Transparan	4.5	1
370	Fragment	1.361	Transparan	2.5	1
371	Fragment	3.343	Transparan	2.5	1
372	Fragment	3.564	Transparan	2	1
373	Fragment	3.742	Transparan	2	1
374	Fragment	1.545	Transparan	3.5	1
375	Fragment	0.516	Transparan	3.5	1



376	Fragment	2.451	Transparan	2	1
377	Fragment	1.534	Transparan	2	1
378	Fragment	3.705	Transparan	2	1
379	Fragment	2.346	Transparan	2	1
380	Fragment	3.132	Transparan	4.5	1
381	Fragment	1.347	Transparan	3	1
382	Fragment	0.849	Transparan	3	1
383	Fragment	0.806	Transparan	3	1
384	Fragment	0.507	Transparan	3	1
385	Fragment	0.395	Transparan	3	1
386	Fragment	0.608	Transparan	3	1
387	Fragment	0.737	Transparan	3	1
388	Fragment	1.552	Transparan	3	1
389	Fragment	0.769	Transparan	3	1
390	Fragment	1.576	Transparan	3	1
391	Fragment	2.741	Transparan	3	1
392	Fragment	1.044	Transparan	3	1
393	Fragment	0.865	Transparan	3	1
394	Fragment	2.141	Transparan	3	1
395	Fragment	1.762	Transparan	2.5	1
396	Fragment	2.214	Transparan	2.5	1
397	Fragment	1.642	Transparan	2.5	1
398	Fragment	1.812	Transparan	2.5	1
399	Fragment	1.776	Transparan	2.5	1
400	Fragment	2.417	Transparan	2.5	1
401	Fragment	1.935	Transparan	2.5	1
402	Fragment	1.833	Transparan	2.5	1
403	Fragment	1.680	Transparan	3	1
404	Fragment	0.553	Transparan	3	1
405	Fragment	1.406	Transparan	3	1
406	Fragment	0.418	Transparan	3	1
407	Fragment	0.683	Transparan	3	1
408	Fragment	0.515	Transparan	3	1
409	Fragment	0.877	Transparan	3	1
410	Fragment	0.380	Transparan	3	1
411	Fragment	0.566	Transparan	3	1
	Fragment	1.037	Transparan	3	1
	Fragment	0.500	Transparan	3	1
	Fragment	0.984	Transparan	3.5	1



415	Fragment	0.832	Transparan	3.5	1	
416	Fragment	0.717	Transparan	3.5	1	
417	Fragment	1.702	Transparan	3.5	1	
418	Fragment	0.492	Transparan	3.5	1	
419	Fragment	1.129	Transparan	3.5	1	
420	Fragment	0.818	Transparan	2	1	
421	Fragment	0.995	Transparan	2	1	
422	Fragment	0.478	Transparan	2	1	
423	Fragment	1.023	Transparan	3	1	
424	Fragment	1.683	Transparan	3	1	
425	Fragment	1.157	Transparan	3	1	
426	Fragment	0.933	Ungu	3	1	
427	Microbeads	0.312	Kuning	4.5	1	3
428	Microbeads	0.382	Putih	4.5	1	
429	Microbeads	0.479	Putih	4.5	1	

Stasiun 3 Plot 4						
N o	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	1.262	Biru	4.5	1	9
2	Line	1.554	Hitam	4	1	
3	Line	1.717	Hitam	4.5	1	
4	Line	0.946	Hitam	4.5	1	
5	Line	2.453	Hitam	4	1	
6	Line	3.484	Hitam	4	1	
7	Line	2.090	Ungu	4	1	
8	Line	1.960	Ungu	4	1	
9	Line	1.503	Ungu	4.5	1	
10	Film	4.987	Transparan	2	1	5
11	Film	1.748	Transparan	3	1	
12	Film	3.932	Transparan	3	1	
13	Film	3.265	Transparan	2	1	
14	Film	3.385	Transparan	2	1	
15	Foam	3.130	Putih	2	1	16
16	Foam	4.322	Putih	2	1	
	Foam	3.647	Putih	2	1	
	Foam	1.328	Putih	3	1	
	Foam	1.263	Putih	3	1	
	Foam	2.509	Putih	3	1	



21	Foam	3.942	Putih	2	1	
22	Foam	3.735	Putih	2	1	
23	Foam	3.490	Putih	2	1	
24	Foam	1.904	Putih	2.5	1	
25	Foam	2.859	Putih	2.5	1	
26	Foam	2.669	Putih	4	1	
27	Foam	3.202	Putih	4	1	
28	Foam	3.586	Putih	2.5	1	
29	Foam	2.733	Putih	2	1	
30	Foam	1.688	Putih	2	1	
31	Fragmen t	1.548	Biru	3.5	1	36
32	Fragmen t	0.260	Biru	3.5	1	
33	Fragmen t	0.670	Biru	3.5	1	
34	Fragmen t	0.555	Biru	3.5	1	
35	Fragmen t	0.545	Biru	3.5	1	
36	Fragmen t	1.091	Biru	3.5	1	
37	Fragmen t	0.612	Biru	3.5	1	
38	Fragmen t	0.858	Biru	3.5	1	
39	Fragmen t	1.626	Biru	3.5	1	
40	Fragmen t	3.624	Biru	3	1	
41	Fragmen t	0.584	Biru	3	1	
42	Fragmen t	0.539	Biru	3	1	
43	Fragmen t	0.539	Biru	3	1	
44	Fragmen t	1.250	Biru	3	1	
45	Fragmen t	0.994	Biru	3	1	
	Fragmen t	0.734	Biru	2.5	1	
	agmen t	1.161	Biru	2	1	
	agmen	0.349	Hijau	4.5	1	



	t				
49	Fragmen t	0.396	Hijau	4.5	1
50	Fragmen t	0.739	Hijau	3	1
51	Fragmen t	3.248	Hijau	2.5	1
52	Fragmen t	2.303	Hitam	2	1
53	Fragmen t	4.050	Kuning	2	1
54	Fragmen t	1.477	Kuning	2	1
55	Fragmen t	1.556	Putih	4.5	1
56	Fragmen t	1.485	Putih	2	1
57	Fragmen t	2.334	Putih	1	1
58	Fragmen t	1.150	Transparan	2	1
59	Fragmen t	3.086	Transparan	2	1
60	Fragmen t	5.000	Transparan	2	1
61	Fragmen t	0.871	Transparan	1	1
62	Fragmen t	0.852	Transparan	2	1
63	Fragmen t	1.216	Transparan	3	1
64	Fragmen t	1.007	Transparan	3	1
65	Fragmen t	1.823	Transparan	3	1
66	Fragmen t	4.748	Transparan	2	1

Stasiun 3 Plot 5						
No	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
	Line	0.521	Biru	4.5	1	33
	Line	2.405	Biru	4.5	1	
	Line	1.161	Biru	4.5	1	
	Line	1.117	Biru	4.5	1	



5	Line	0.877	Biru	4.5	1	
6	Line	2.779	Biru	4.5	1	
7	Line	1.710	Biru	4.5	1	
8	Line	2.270	Biru	4.5	1	
9	Line	3.177	Biru	4.5	1	
10	Line	2.183	Biru	4.5	1	
11	Line	1.705	Biru	4.5	1	
12	Line	2.923	Biru	4.5	1	
13	Line	1.186	Biru	4.5	1	
14	Line	3.104	Biru	4.5	1	
15	Line	2.245	Coklat	4.5	1	
16	Line	1.173	Coklat	4.5	1	
17	Line	1.392	Hitam	4.5	1	
18	Line	0.659	Hitam	4.5	1	
19	Line	2.485	Hitam	4.5	1	
20	Line	1.181	Hitam	4.5	1	
21	Line	2.325	Hitam	4.5	1	
22	Line	1.763	Hitam	4.5	1	
23	Line	3.820	Hitam	4.5	1	
24	Line	2.171	Hitam	4.5	1	
25	Line	1.467	Hitam	4.5	1	
26	Line	1.308	Hitam	4.5	1	
27	Line	3.654	Merah	4.5	1	
28	Line	1.558	Merah	4.5	1	
29	Line	1.845	Merah	4.5	1	
30	Line	2.425	Pigmentasi	4.5	1	
31	Line	1.385	Pigmentasi	4.5	1	
32	Line	0.569	Transparan	4.5	1	
33	Line	0.782	Ungu	4.5	1	
34	Fragment	0.876	Biru	4.5	1	18
35	Fragment	0.733	Biru	4.5	1	
36	Fragment	0.614	Biru	4.5	1	
37	Fragment	1.463	Biru	4.5	1	
38	Fragment	0.442	Biru	4.5	1	
39	Fragment	1.302	Biru	4.5	1	
40	Fragment	0.860	Biru	4.5	1	
41	Fragment	0.290	Biru	4.5	1	
42	Fragment	0.315	Biru	4.5	1	
43	Fragment	0.408	Biru	4.5	1	



44	Fragment	0.480	Biru	4.5	1
45	Fragment	2.776	Biru	3	1
46	Fragment	2.924	Biru	4.5	1
47	Fragment	2.944	Biru	4.5	1
48	Fragment	0.879	Biru	4.5	1
49	Fragment	2.506	Jingga	4.5	1
50	Fragment	1.940	Transparan	4.5	1
51	Fragment	0.769	Transparan	4.5	1

Stasiun 3 Plot 5						
No	Jenis	Ukuran (mm)	Warna	Perbesaran	Jumlah	Total MPs
1	Line	0.521	Biru	4.5	1	33
2	Line	2.405	Biru	4.5	1	
3	Line	1.161	Biru	4.5	1	
4	Line	1.117	Biru	4.5	1	
5	Line	0.877	Biru	4.5	1	
6	Line	2.779	Biru	4.5	1	
7	Line	1.710	Biru	4.5	1	
8	Line	2.270	Biru	4.5	1	
9	Line	3.177	Biru	4.5	1	
10	Line	2.183	Biru	4.5	1	
11	Line	1.705	Biru	4.5	1	
12	Line	2.923	Biru	4.5	1	
13	Line	1.186	Biru	4.5	1	
14	Line	3.104	Biru	4.5	1	
15	Line	2.245	Coklat	4.5	1	
16	Line	1.173	Coklat	4.5	1	
17	Line	1.392	Hitam	4.5	1	
18	Line	0.659	Hitam	4.5	1	
19	Line	2.485	Hitam	4.5	1	
20	Line	1.181	Hitam	4.5	1	
21	Line	2.325	Hitam	4.5	1	
22	Line	1.763	Hitam	4.5	1	
23	Line	3.820	Hitam	4.5	1	
	Line	2.171	Hitam	4.5	1	
	Line	1.467	Hitam	4.5	1	
	Line	1.308	Hitam	4.5	1	
	Line	3.654	Merah	4.5	1	



28	Line	1.558	Merah	4.5	1	
29	Line	1.845	Merah	4.5	1	
30	Line	2.425	Pigmentasi	4.5	1	
31	Line	1.385	Pigmentasi	4.5	1	
32	Line	0.569	Transparan	4.5	1	
33	Line	0.782	Ungu	4.5	1	
34	Fragment	0.876	Biru	4.5	1	18
35	Fragment	0.733	Biru	4.5	1	
36	Fragment	0.614	Biru	4.5	1	
37	Fragment	1.463	Biru	4.5	1	
38	Fragment	0.442	Biru	4.5	1	
39	Fragment	1.302	Biru	4.5	1	
40	Fragment	0.860	Biru	4.5	1	
41	Fragment	0.290	Biru	4.5	1	
42	Fragment	0.315	Biru	4.5	1	
43	Fragment	0.408	Biru	4.5	1	
44	Fragment	0.480	Biru	4.5	1	
45	Fragment	2.776	Biru	3	1	
46	Fragment	2.924	Biru	4.5	1	
47	Fragment	2.944	Biru	4.5	1	
48	Fragment	0.879	Biru	4.5	1	
49	Fragment	2.506	Jingga	4.5	1	
50	Fragment	1.940	Transparan	4.5	1	
51	Fragment	0.769	Transparan	4.5	1	

Lampiran 5. Penyaringan Sampel Air Laut



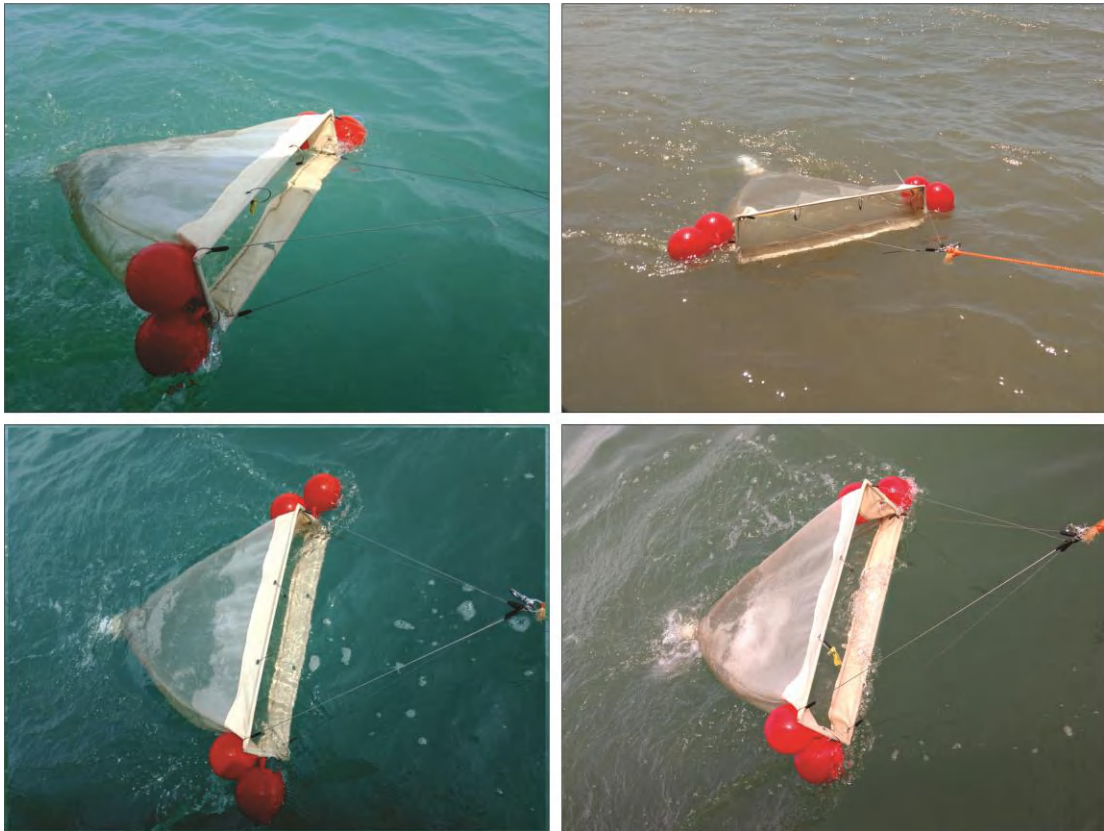
Lampiran 6. Hasil Saringan menggunakan Kertas *Whatnman*



Lampiran 7. Temuan Mikroplastik



Lampiran 8. Pengambilan sampel air menggunakan *Neuston Net*



Lampiran 9. Lepas Limbah Saluran Air Kanal ke Laut



RIWAYAT HIDUP



MUH. AFDAL adalah anak ke-4 dari 10 bersaudara kandung, dilahirkan pada tanggal 12 Juli 1993 di Kolaka. Orang tua bernama Kamaruddin, SP dan Hilwah. Pada tahun 2005 penulis menyelesaikan Sekolah Dasar di Madrasah Ibtidaiyah Negeri Lasusua. Tahun 2008 penulis menyelesaikan Sekolah Lanjutan Pertama di Madrasah Tsanawiyah Negeri Kolaka. Tahun 2011 penulis menyelesaikan Sekolah Menengah di Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Kolaka. Pada tahun 2011 penulis berhasil diterima sebagai Masiswa melalui Jalur Perestasi Olahraga, Seni dan Keilmuan (POSK) pada Progran Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Makassar. Tahun 2016 penulis menyelesaikan studi strata 1 (S1) dengan masa studi 4 tahun 10 bulan. Pada Tahun 2017 penulis kembali melanjutkan pendidikan S2 jurusan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Terpadu di Universitas Hasanuddin.

Semasa menempuh pendidikan S1 di Jurusan Ilmu Kelautan, penulis aktif dalam kegiatan akademik sebagai asisten pada beberapa mata kuliah yakni Asisten Oseanografi Fisika (2013), Pemetaan SDHL (2013), Inderaja Kelautan (2013), Eksplorasi SDHL (2015), Ekotoksikologi Laut (2016) dan Fisiologi Biota Laut (2016) dan membuat karya tulis ilmiah. Selain itu, penulis aktif di beberapa organisasi dan memegang peranan penting seperti Sekretaris Dewan Mahasiswa KEMA FIKP UH Periode 2014-2015, Ketua Umum Himpunan Mahasiswa Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin Periode 2013-2014, Anggota Bidang Pengabdian Masyarakat Korps Sukarela Palang Merah Indonesia Universitas Hasanuddin Periode 2014-2015, Anggota Himpunan Mahasiswa Islam dan aktif mengikuti kegiatan-kegiatan seminar baik skala lokal maupun nasional.

Kemudian saat menjalani studi S2, penulis mengisi waktu kosong dengan bekerja sebagai driver ojek online (ojol) dalam memenuhi kebutuhan hidup dan biaya pendidikan serta mengikuti kegiatan seminar.

