



TUGAS AKHIR - RE 184804

KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM KARANGPILANG III KOTA SURABAYA

MAR'ATUSHOLIHAH
0321164000067

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum M. App. Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



TUGAS AKHIR - RE 184804

**KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK
MIKROPLASTIK PADA INSTALASI PENGOLAHAN
AIR MINUM KARANGPILANG III KOTA SURABAYA**

MAR'ATUSHOLIHAH
03211640000067

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum M. App. Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT - RE 184804

***Abundance and Characteristics of
Microplastics in Karangpilang III Water
Treatment Plant in Surabaya City***

MAR'ATUSHOLIHAN
0321164000067

SUPERVISOR
Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum M. App. Sc

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Planning, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM KARANGPILANG III KOTA SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Teknik Lingkungan

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Mar'atusholihah

NRP. 03211640000067

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum M. App. Sc

NIP. 19530706 198403 2 004



KELIMPAHAN DAN KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM KARANGPILANG III KOTA SURABAYA

Nama : Mar'atusholihah
NRP : 03211640000067
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.
App. Sc

ABSTRAK

PDAM Surya Sembada Surabaya memiliki enam Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM), antara lain IPAM Karangpilang I, II, III dan IPAM Ngagel I, II, dan III. IPAM Karangpilang I, II, dan III menggunakan Kali Surabaya sebagai sumber air baku. Pada tahun 2019 air baku tersebut tercemar mikroplastik (MP) sebanyak 5992 partikel/L. Selain itu, air produksi (air keran dan air tandon) di Surabaya Timur masih terdapat mikrodebris masing-masing sebesar 56,61 dan 30,77 partikel/L. Tujuan dari penelitian ini yaitu: menentukan kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada air baku dan air produksi di IPAM Karangpilang III dan menentukan efisiensi penyisihan mikroplastik pada setiap unit di IPAM Karangpilang III Kota Surabaya.

Pada penelitian ini digunakan variabel penelitian unit-unit operasi yang terdiri atas unit *intake*, unit aerator, unit prasedimentasi, unit *flashmix*, unit *clearator*, unit filtrasi, dan unit desinfeksi. Pengambilan sampel dilakukan dengan satu kali dengan menggunakan metode *grab sampling* pada tanggal 22 Februari 2020 pukul 06.00 – 09.00 WIB. Partikel MP pada sampel air diekstraksi dengan *Wet Peroxide Oxidation*, yang diikuti penyaringan dengan vacuum filter dan membran PTFE (ukuran pori: 0,2 μm). Partikel MP dipisahkan secara manual dari membran filter ke *petri dish* menggunakan pinset di bawah *dissecting microscope* (*Sunshine SZM45T-B1* dan *Dino Capture 2.0*) dengan pembesaran 40 \times – 60 \times .

Kelimpahan MP pada proses pengolahan air minum di IPAM Karangpilang III menurun dari 54,4 partikel/L di air baku menjadi 13

partikel/L di air produksi (efisiensi penyisihan 76,1%). Bentuk MP didominasi oleh serat, yaitu 94,1% di air baku dan 81,5% di air produksi. Ukuran MP didominasi oleh ukuran 351 – 1000 μm sebesar 42,3% di air baku dan 35,4% di air produksi. Sedangkan warna MP didominasi oleh warna hitam 53,7 % di air baku dan biru 33,8% di air produksi. Kelimpahan MP mengalami fluktuasi pada setiap unit operasi. Unit operasi yang menurunkan kelimpahan MP adalah unit aerator (62,17%), unit prasedimentasi (33,33%), dan desinfeksi (75,1%).

Kata kunci: IPAM, Karangpilang, karakteristik, kelimpahan, mikroplastik.

Abundance and Characteristics of Microplastics in Karangpilang III Water Treatment Plant Surabaya City

Student name : Mar'atusholihah
Student ID : 03211640000067
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M. App. Sc

ABSTRACT

Surya Sembada Municipal Water Supply Enterprise of Surabaya City has six Water Treatment Plants (WTPs), namely: Karangpilang I, Karangpillang II, Karangpilang III, Ngagel I, Ngagel II, and Ngagel III. The raw water source of Karangpilang I, II, and III WTPs is Surabaya River. The abundance of microplastic (MP) in the raw water in 2019 was 5992 particles/L. In addition, 56.61 and 30.77 particles/L of microdebris were detected in tap water and reservoir water, respectively, in East Surabaya. The aims of this study were to determine the MP abundance and characteristics in the raw and produced water and to determine the efficiency of MP removal in each unit in Karangpilang III WTP.

This study was conducted in 6 operating units in Karangpilang III WTP, which consisted of intake, aerator, pre-sedimentation, flashmix, clearator, filtrasi, and disinfection units. Water samples were collected one time using grab sampling method at 06.00 A.M - 09.00 A.M. on 22 Februari 2020. The MP particles were extracted using Wet Peroxide Oxidation method, followed by filtration using vacuum filter and PTFE membrane with 0.2 μm pore size. The MP particles were separated manually from the filter into a clean petri dish using a tweezer under a dissecting microscope (Sunshine SZM45T-B1 and Dino Capture 2.0) with 40 \times - 60 \times magnification.

The MP abundance in Karangpilang III WTP decreased from 54.4 particles/L in raw water to 13 particles/L in produced water (removal efficiency 76.1%). Shapes of the MPs were dominated by fiber (94.1% in the raw water and 81.5% in the tap water). The MP sizes were dominated by a group size range of 351 - 1000 μm (42.3% in raw water and 35.4% in tap water). The MP colors were dominated by black (53.7% in raw water) and blue (33.8% in tap

water). The MP abundance was fluctuated in each operating unit. The operational units that reduce significantly the MP abundance were aeration (62.17%), pre-sedimentation (33.33%), and disinfection (75.1%).

Keyword: Abundance, characteristics, Karangpilang, microplastic, WTP.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis hanturkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai. Shalawat dan salam penulis curahkan kepada Rasulullah SAW, yang telah membimbing umat manusia menuju kehidupan yang berakhlak dan berilmu pengetahuan.

Tugas Akhir yang berjudul “Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik Pada Instalasi Pengolahan Air Minum Karangpilang III Kota Surabaya”, ditulis sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi program sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama penulisan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum M. App. Sc, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan tenaga beliau untuk memberikan bimbingan, nasihat, serta arahan kepada penulis, hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Welly Herumurti, ST. M.Sc., Bapak Adhi Yuniarto, ST. MT. Ph.D., dan Ibu Dr. Ir. Ellina S. Padebesie, MT., selaku dosen pengarah dalam seminar proposal penulis yang telah memberikan kritik dan saran diawal penelitian penulis.
3. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil, PhD. dan Ibu IDAA Warmadewanthi, ST., MT., PhD., selaku dosen pengarah pada seminar kemajuan penulis serta dosen penguji pada ujian lisan penulis yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis.
4. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, MSc., PhD., selaku dosen penguji pada ujian lisan penulis yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis.
5. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, yang telah membantu penulis dalam penyediaan data dan tenaga untuk membantu dalam pengambilan sampel yang digunakan selama penelitian.

6. Ibu Arlini Dyah Radityaningrum, ST. M.Eng.Sc., yang telah membantu mengarahkan penelitian dan membiayai penelitian melalui Hibah Penelitian Pascasarjana ITS 2020.
7. Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST. MT. Ph.D., selaku dosen wali penulis yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama ini.
8. Seluruh dosen Program Sarjana Teknik Lingkungan ITS, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama penulis menjalani perkuliahan.
9. Orangtua dan saudara-saudara penulis, yang mendo'akan penulis dan telah memberikan dukungan moral serta material kepada penulis.
10. Seluruh teman-teman environmate, yang telah memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
11. Seluruh pihak lainnya yang telah ikut mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis perlu menyampaikan bahwa penelitian tugas akhir ini mengalami berbagai kendala teknis akibat terjadinya pandemi covid-19. Sehubungan dengan hal tersebut telah dilakukan penyesuaian dan pembatasan lingkup penelitian, tanpa mengurangi kedalaman penelitian. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya kepada penulis sendiri, serta pihak lain yang membutuhkan umumnya. Tiada daya dan upaya melainkan atas izin Allah SWT, kepada-Nya lah kita berserah diri dan memohon pertolongan. Terima kasih, Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian dan Karakteristik Mikroplastik.....	5
2.2 Sumber MP	7
2.3 Dampak MP	11
2.4 Instalasi Pengolahan Air Minum Karangpilang	12
2.4.1 Unit Aerator	14
2.4.2 Unit Prasedimentasi	15
2.4.3 Unit <i>Flashmix</i>	17
2.4.4 Unit <i>Clearator</i>	19
2.4.5 Unit Filtrasi.....	20
2.5 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Tahapan Penelitian.....	27

3.1.1 Lokasi <i>Sampling</i>	28
3.1.2 Pengumpulan Data	33
3.1.3 Analisis Sampel	34
3.1.4 Analisis Data dan Pembahasan.....	35
3.1.5 Kesimpulan dan Saran	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Waktu dan Kondisi Lingkungan di Titik <i>Sampling</i>	37
4.2 Kelimpahan dan Karakteristik MP	39
4.2.1 Kelimpahan MP Berdasarkan Bentuk	40
4.2.2 Kelimpahan MP Berdasarkan Ukuran.....	41
4.2.3 Kelimpahan MP Berdasarkan Warna.....	43
4.3 Efisiensi Penyisihan MP di Setiap Unit IPAM KP III	45
4.3.1 Kelimpahan MP di Unit Aerator.....	50
4.3.2 Kelimpahan MP di Unit Prasedimentasi.....	52
4.3.3 Kelimpahan MP di Unit <i>Flashmix</i> , <i>Slowmix</i> , dan Sedimentasi (<i>Clearator</i>).....	55
4.3.4 Kelimpahan MP di Unit Filtrasi.....	57
4.3.5 Kelimpahan MP di Unit Desinfeksi	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	65
Lampiran 1. Prosedur Oksidasi Sampel Air.....	71
Lampiran 2. Prosedur Pembuatan Fe(II) 0,02M	73
Lampiran 3. Dokumentasi Pengambilan Sampel.....	75
Lampiran 4. Kelimpahan MP Berdasarkan Ukuran di IPAM KP III.....	79

Lampiran 5. Kelimpahan MP Berdasarkan Jenis di IPAM KP III	.81
BIOGRAFI PENULIS83

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat kecenderungan jenis MP berdasarkan bentuk dan warna.....	6
Tabel 2.2 Jenis MP beserta massa jenisnya.....	7
Tabel 2.3 Kriteria aerator IPAM KP III.....	15
Tabel 2.4 Kriteria unit prasedimentasi KP III.....	17
Tabel 2.5 Kriteria <i>flashmix</i> IPAM KP III.....	18
Tabel 2.6 Kriteria desain <i>clearator</i> KP III.....	19
Tabel 2.7 Kriteria desain filtrasi KP III.....	21
Tabel 2.8 Kelimpahan mikro-meso plastik pada air baku dan produksi.....	22
Tabel 2.9 Kelimpahan <i>anthropogenic debris</i> pada air keran di 14 Negara.....	24
Tabel 4.1 Data kondisi lingkungan IPAM KP III pada Kamis, 22 Februari 2020.....	37
Tabel 4.2 Bentuk MP di IPAM KP III.....	41
Tabel 4.3 Kelimpahan MP berdasarkan ukuran di IPAM KP III.	42
Tabel 4.4 Kelimpahan MP berdasarkan warna di IPAM KP III.	44
Tabel 4.5 Kelimpahan MP berdasarkan bentuk dan warna di IPAM KP III.	44
Tabel 4.6 Kelimpahan MP pada unit operasi IPAM KP III.....	46
Tabel 4.7 Kelimpahan MP berdasarkan bentuk dan warna setiap unit operasi di IPAM KP III (partikel/L).....	48
Tabel 4.8 Ukuran MP pada unit aerator di IPAM KP III.	50
Tabel 4.9 Ukuran MP pada unit filtrasi di IPAM KP III.	57

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Degradasi makroplastik menjadi MP oleh UV.....	8
Gambar 2.2 Jenis plastik yang ditemukan dalam sedimen pada di Muara Badak dengan perbesaran 25 kali. (a) serat, (b) fragmen, dan (c) film.	9
Gambar 2.3 Gambar dan mikrograf optik dari pakaian yang dipilih:	10
Gambar 2.4 Bentuk dari MP. (a) serat, (b) <i>film</i> , dan (c) fragmen.	11
Gambar 2.5 Mikoplastik dan nanoplastik pada tubuh mamalia ...	11
Gambar 2.6 Fluktuasi kekeruhan pada <i>outlet</i> aerator dalam 24 jam.....	12
Gambar 2.7 Fluktuasi kekeruhan pada air produksi dalam 24 jam.....	12
Gambar 2.8 Diagram proses IPAM KP III.....	13
Gambar 2.9 Aerator IPAM KP III	15
Gambar 2.10 Prasedimentasi IPAM KP III. (a) dan (b) saat beroperasi dan (c) saat pengurasan	16
Gambar 2.11 <i>Flashmix</i> IPAM KP III.....	18
Gambar 2.12 <i>Clearator</i> IPAM KP III	19
Gambar 2.13 <i>Tube settler</i> IPAM KP III	20
Gambar 2.14 Unit filtrasi IPAM KP III	21
Gambar 3.1 Kerangka penelitian.....	28
Gambar 3.2 Titik <i>sampling</i>	29
Gambar 3.3 Titik <i>sampling</i> 2.....	31
Gambar 3.4 <i>Sampling</i> air dengan menggunakan botol.	34
Gambar 4.1 Ukuran partikel yang mempengaruhi kekeruhan dalam air.....	39
Gambar 4.2 Bentuk MP. (a) <i>fragment</i> , (b) serat, (c) <i>pellet</i> , dan (d) film.....	41

Gambar 4.3 Efisiensi penyisihan MP total pada IPAM berdasarkan ukuran.....	42
Gambar 4.4 Warna MP. (a) hitam, (b) biru, (c) merah, (d) kuning, dan (e) hijau.....	43
Gambar 4.5 Kelimpahan MP berdasarkan ukuran setiap unit operasi di IPAM KP III.....	47
Gambar 4.6 Kelimpahan MP berdasarkan jenis MP setiap unit operasi di IPAM KP III.....	49
Gambar 4.7 Efisiensi penyisihan MP total pada aerator berdasarkan ukuran.....	51
Gambar 4.8 Efisiensi penyisihan MP total pada aerator berdasarkan jenisnya.....	52
Gambar 4.9 Efisiensi penyisihan MP total pada unit prasedimentasi berdasarkan ukuran.....	53
Gambar 4.10 Peningkatan kelimpahan MP pada unit prasedimentasi berdasarkan ukuran.....	53
Gambar 4.11 Efisiensi penyisihan MP total pada unit prasedimentasi berdasarkan jenisnya.	54
Gambar 4.12 Peningkatan kelimpahan MP pada unit prasedimentasi berdasarkan jenis.	54
Gambar 4.13 Peningkatan kelimpahan MP pada unit <i>flashmix</i> dan unit <i>clearator</i> berdasarkan ukuran.	55
Gambar 4.14 Efisiensi penyisihan kelimpahan MP pada unit <i>flashmix</i> dan unit <i>clearator</i> berdasarkan jenis.....	56
Gambar 4.15 Peningkatan kelimpahan MP pada unit <i>flashmix</i> dan unit <i>clearator</i> berdasarkan jenis.....	56
Gambar 4.16 Peningkatan kelimpahan MP pada unit filtrasi berdasarkan ukuran.....	58
Gambar 4.17 Efisiensi penyisihan kelimpahan MP pada unit <i>filtrasi</i> berdasarkan jenis.	58
Gambar 4.18 Peningkatan kelimpahan MP pada unit <i>filtrasi</i> berdasarkan jenis.	59

Gambar 4.19 Efisiensi penyisihan kelimpahan MP pada unit desinfeksi berdasarkan jenis.	60
Gambar 4.20 Peningkatan kelimpahan MP pada unit desinfeksi berdasarkan jenis.	60
Gambar 4.21. Plot intensitas puncak baru PP pada konsentrasi klorin 90 mg / L	61
Gambar 4.22. Spektrum Raman dari PS yang diinkubasi dalam larutan klorin 90 mg / L menunjukkan penurunan intensitas puncak	61

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 2019 titik Karangpilang di Kali Surabaya ditemukan mikroplastik sebanyak 5,992 partikel/m³ (Wijaya, 2019). Partikel mikroplastik yang paling dominan yaitu berbentuk film, sedangkan jenis mikroplastik yang ditemukan yaitu *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Polystyrene* (PS), dan *Polypropylene* (PP) (Wijaya, 2019). Mikroplastik jenis LDPE, PE, PS, dan PP berasal dari sampah yang dibuang ke badan air. Polimer (plastik) dapat mengalami perubahan sifat fisik dan kimia karena terdapat beberapa faktor seperti cahaya, panas, kelembaban, atau aktivitas biologis (Shah *et al.*, 2008). Proses tersebut dapat merubah sifat polimer dengan pemotongan ikatan pada rantai karbon atau disebut dengan degradasi polimer (Shah *et al.*, 2008). Selain itu, kegiatan domestik juga dapat menghasilkan mikroplastik yang berasal dari pencucian pakaian (Falco *et al.*, 2019). Pakaian yang mengandung serat mikro sebanyak 640.000 hingga 1.500.000 dapat melepaskan serat mikro tersebut sebanyak 124 hingga 308 mg setiap kg pakaian yang dicuci (Falco *et al.*, 2019).

Kali Surabaya merupakan sumber air baku Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karangpilang Surabaya. Menurut Frias dan Nash (2019), mikroplastik pada air permukaan memiliki ukuran $\geq 300 \mu\text{m}$. Menurut Kosuth *et al.* (2018), pada 14 negara (Kuba, Ekuador, Inggris, Prancis, Jerman, India, Indonesia, Irlandia, Itali, Lebanon, Slovakia, Swiss, Uganda, dan Amerika Serikat), dari 81% sampel air keran terdapat *anthropogenic debris* sebanyak 5,45 partikel/L berupa serat, *fragment*, dan film. Dari 539 partikel yang ditemukan 98,3% yaitu berupa serat dengan panjang $0,1 \pm 5,0 \text{ mm}$ dan rata-rata 0,96 mm (Kosuth *et al.*, 2018).

Mikroplastik dalam air permukaan dapat menyebabkan dampak terhadap biota laut apabila dikonsumsi atau terakumulasi dalam tubuh biota laut tersebut. Mikroplastik yang terakumulasi ke dalam organisme akan mengakibatkan kerusakan fisik dan kimia seperti kerusakan organ internal dan penyumbatan saluran

pencernaan, bersifat karsinogenik dan gangguan endokrin (Oehlmann *et al.*, 2009).

Menurut Wang *et al.* (2020), dalam air baku pada *Advanced Drinking Water Treatment Plant* (ADWTP) terdapat 6614 ± 1132 mikroplastik/L, sedangkan pada *treated water* terdapat 930 ± 71 mikroplastik/L sehingga efisiensi penyisihan mikroplastik yaitu 82,1 – 88,6%. Pada IPAM kelimpahan mikroplastik di air baku sebanyak 0,7 mikroplastik/m³ dengan ukuran 50 hingga 150 μm (Mintenig *et al.*, 2019). IPAM yang terdiri dari unit operasi *flashmix*, *slowmix*, dan *sand filtration* dapat melakukan *removal* mikroplastik sebesar 70%. Jika IPAM ditambahkan unit *granular activated carbon (GAC) filtration* efisiensi penyisihan mikroplastik meningkat menjadi 81%, sedangkan jika ditambahkan unit *flotation* dan *Granular Activated Carbon (GAC) filtration* efisiensi penyisihan mikroplastik meningkat menjadi 83% (Pivokonsky *et al.*, 2018). PDAM Kota Surabaya memiliki beberapa IPAM yaitu IPAM Ngagel I, II, dan III dan IPAM Karangpilang I, II, dan III. IPAM Karangpilang III memiliki unit *intake*, unit aerator, unit prasedimentasi, unit *flashmix*, unit *clearator*, unit filtrasi, dan unit desinfeksi (Paitaha dan Sholihah, 2019). Menurut Ariskha (2019), kelimpahan mikrodebris pada air distribusi Surabaya Timur sebesar 56,61 partikel/L (air tandon) dan 30,77 partikel (air keran). Namun, belum terdapat penelitian kelimpahan mikroplastik pada IPAM Karangpilang. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui kelimpahan dan karakteristik mikroplastik air pada setiap unit IPAM sehingga dapat menghitung efisiensi penyisihan mikroplastik pada setiap unit IPAM.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian tugas akhir, yaitu:

1. Bagaimana kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada air baku dan air produksi IPAM Karangpilang III?
2. Bagaimana efisiensi penyisihan mikroplastik pada unit aerator, unit prasedimentasi, unit *flashmix*, unit *sedimentasi*, unit filtrasi, dan unit desinfeksi pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karangpilang III?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menentukan kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada air baku dan air produksi IPAM Karangpilang III.
2. Menentukan efisiensi penyisihan mikroplastik pada unit aerator, unit prasedimentasi, unit *flashmix*, unit *sedimentasi*, unit filtrasi, dan unit desinfeksi pada IPAM Karangpilang III.

1.4 Ruang Lingkup

Penelitian tugas akhir memiliki ruang lingkup untuk membatasi penelitian yang dilakukan. Ruang lingkup penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengelolaan Limbah Padat dan Bahan Berbahaya dan Beracun, Laboratorium Pengolahan Air, Gedung *Workshop* Departemen Teknik Lingkungan ITS, IPAM Karangpilang III, dan Laboratorium Kualitas Dan Rekayasa Lingkungan ITATS.
2. *Sampling* air dilakukan di unit *intake*, sumur pengumpul, *outlet* unit aerator, *outlet* unit prasedimentasi, *outlet* unit *flashmix*, *outlet* unit *clearator*, *outlet* unit filtrasi, dan *outlet* unit desinfeksi.
3. *Sampling* dilakukan pada Bulan Februari 2020.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memiliki beberapa manfaat yaitu:

1. Menyediakan informasi tentang kelimpahan dan karakteristik MP pada air baku, air efluen setiap unit operasi, serta air produksi.
2. Menyediakan informasi tentang efisiensi penyisihan MP pada setiap unit operasi.
3. Dapat menjadi acuan untuk menyusun baku mutu air bersih dan air baku dengan parameter mikroplastik.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian dan Karakteristik Mikroplastik

Mikroplastik (MP) adalah partikel padat sintesis atau matriks polimer yang memiliki variasi bentuk, baik seragam maupun tidak seragam (Frias dan Nash, 2018). Pada umumnya MP memiliki ukuran 1 μm hingga 5 mm, baik MP primer maupun sekunder dan bersifat tidak larut dalam air (Frias dan Nash, 2018; Lusher *et al.*, 2017). Sedangkan warna dari MP yaitu *transparent*, *crystalline*, putih, putih bening krem, merah, oranye, biru, buram, hitam, abu-abu, coklat, hijau, merah muda, kuning, dan pigmen warna lainnya (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012).

MP primer adalah partikel plastik yang diproduksi dalam kisaran ukuran di bawah 5 mm, antara lain (Lusher *et al.*, 2017):

- 1) Pelet, memiliki diameter 3-5 mm dan digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik.
- 2) *Microbeads* yang tergabung dalam produk kosmetik.
- 3) Manik-manik yang digunakan untuk peledakan permukaan yang kasar.

MP sekunder adalah produk sampingan dari fragmentasi dan pelapukan plastik yang lebih besar di lingkungan. MP sekunder dapat terjadi karena penggunaan produk plastik (misalnya, tekstil, cat, dan ban) yang dibuang ke lingkungan.

Berdasarkan ukurannya, MP di air sungai, air laut, dan *estuary* dibagi menjadi tiga kelas, yaitu: $1 \leq 100 \mu\text{m}$; $100 \leq 350 \mu\text{m}$ dan dari $350 \mu\text{m}$ ke $\leq 5 \text{ mm}$, sedangkan pada air permukaan MP memiliki ukuran $\geq 300 \mu\text{m}$ (Frias dan Nash, 2018). Menurut Lestari *et al.* (2020) MP dibagi menjadi dua yaitu *large microplastic particle* (1 μm – 1mm) dan *small microplastic particle* (1 μm – 1mm).

Berdasarkan bentuknya, MP dibagi menjadi 4, yaitu (Widianarko dan Hantoro, 2018):

- 1) Fragmen : partikel tidak beraturan, kristal, bulu, bubuk, granula, potongan, serpihan.
- 2) Serat : filamen, mikrofiber, helaian, benang.
- 3) Manik-manik : biji, bulatan manik kecil, bulatan mikro.
- 4) Busa : polistiren, dan
- 5) Butiran : butiran resinat, *nurdles*, *nib*.

Bentuk dan warna MP dapat menunjukkan jenis MP yang ditemukan seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tingkat kecenderungan jenis MP berdasarkan bentuk dan warna.

No	Bentuk dan warna	Jenis MP	Tingkat Kecenderungan (%)	Sumber
1.	Serat hitam	<i>Polyester</i> (PES)	54,63	Firdaus <i>et al.</i> , 2019
		<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	51,2	Wijaya, 2019
2.	Serat merah	<i>Polyester</i> (PES)	54,83	Firdaus <i>et al.</i> , 2019
3.	Serat biru	<i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)	82,44	Wijaya, 2019
4.	Serat <i>trasparant</i>	<i>Polypropylene</i> (PP)	87,85	Wijaya, 2019
5.	Film kuning	<i>Polystyrene</i> (PS)	43,8	Wijaya, 2019
6.	Film biru	<i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)	77,37	Wijaya, 2019
7.	Film hitam	<i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)	84,42	Wijaya, 2019
8.	Film merah	<i>Polyethylene</i> (PE)	48,12	Wijaya, 2019
9.	Film <i>transparant</i>	<i>Polypropylene</i> (PP)	83,05	Wijaya, 2019
10.	<i>Fragment</i> hitam	<i>Polypropylene</i> (PP)	77,98	Wijaya, 2019
11.	<i>Fragment</i> merah	<i>Polypropylene</i> (PP)	89,66	Wijaya, 2019
12.	<i>Fragment</i> biru	<i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)	81,78	Wijaya, 2019

No	Bentuk dan warna	Jenis MP	Tingkat Kecenderungan (%)	Sumber
13.	<i>Fragment transparant</i>	<i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i>	87	Wijaya, 2019

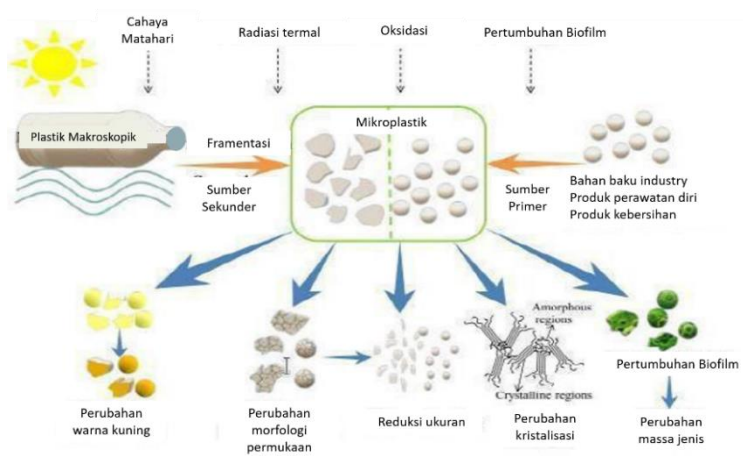
Jenis plastik pada Tabel 2.1 dianalisis menggunakan *Spectrofotometri Fourier-Transform Infrared (FTIR)*. Berdasarkan data pada Tabel 2.1 dengan bentuk dan warna MP yang sama memungkinkan memiliki jenis MP yang berbeda. Jenis MP tersebut memiliki densitas yang berbeda-beda (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Jenis MP beserta massa jenisnya.

No	Jenis MP	Singkatan	Massa Jenis (g/cm ³)	Sumber
1.	<i>Polyester</i>	PES	1,38	Firdaus <i>et al.</i> , 2019
2.	<i>Low Density Polyethylene</i>	LDPE	0,92 – 0,94	Chawford dan Quinn, 2017
3.	<i>Polypropylene</i>	PP	0,88 – 1,23	Chawford dan Quinn, 2017
4.	<i>Polystyrene</i>	PS	1,04 – 1,5	Chawford dan Quinn, 2017
5.	<i>Polyethylene Terephthalate</i>	PET	1,3 – 1,5	Chawford dan Quinn, 2017
6.	<i>High Density Polyethylene</i>	HDPE	0,94 – 0,97	Chawford dan Quinn, 2017
7.	<i>Polyvinyl Chloride</i>	PVC	1,15 – 1,7	Chawford dan Quinn, 2017

2.2 Sumber MP

Sumber MP yang terdapat pada perairan secara umum berasal dari kegiatan domestik dan non domestik. Kegiatan domestik yaitu pencucian pakaian yang berbahan sintesis tekstil (Falco *et al.*, 2019). Jenis pakaian serta MP yang dihasilkan terdapat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Degradasi makroplastik menjadi MP oleh UV.
Sumber: Wibowo et al. (2019)

Proses masuknya MP primer dan MP sekunder ke lingkungan berbeda (Gambar 2.1). MP primer melalui partikel dari produk kosmetik masuk melalui air limbah; MP dari peledakan abrasif masuk melalui atmosfer dan air limbah, sedangkan MP primer yang digunakan untuk bahan baku dapat masuk ke lingkungan karena jatuhnya MP selama pengangkutan dan pemindahan, atau melalui limpasan dari pabrik pengolahan. Waktu tinggal MP yang singkat pada instalasi pengolahan air limbah, sehingga MP primer dapat masuk langsung ke lautan atau melewati aliran air tawar dan memasuki lingkungan laut (Lusher *et al.*, 2017). Sedangkan MP sekunder melalui:

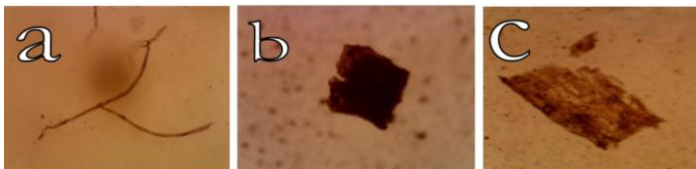
- 1) Partikel dari tekstil masuk melalui air limbah setelah pencucian atau melalui udara saat pengeringan.
- 2) Pelapukan plastik yang digunakan dalam aplikasi pertanian dapat memasuki lingkungan melalui limpasan permukaan dari tanah.
- 3) Abrasi ban saat digunakan menghasilkan MP yang masuk lingkungan melalui aliran udara dan permukaan.
- 4) Fragmentasi dan pelapukan barang di tempat pembuangan sampah oleh sinar UV yang dapat melepaskan MP ke

atmosfer, sungai, dan lautan oleh angin dan limpasan permukaan.

- 5) Pelapukan sampah plastik di daerah pantai dan pantai yang mungkin tetap di sedimen pantai atau diangkut lebih jauh ke lepas pantai.

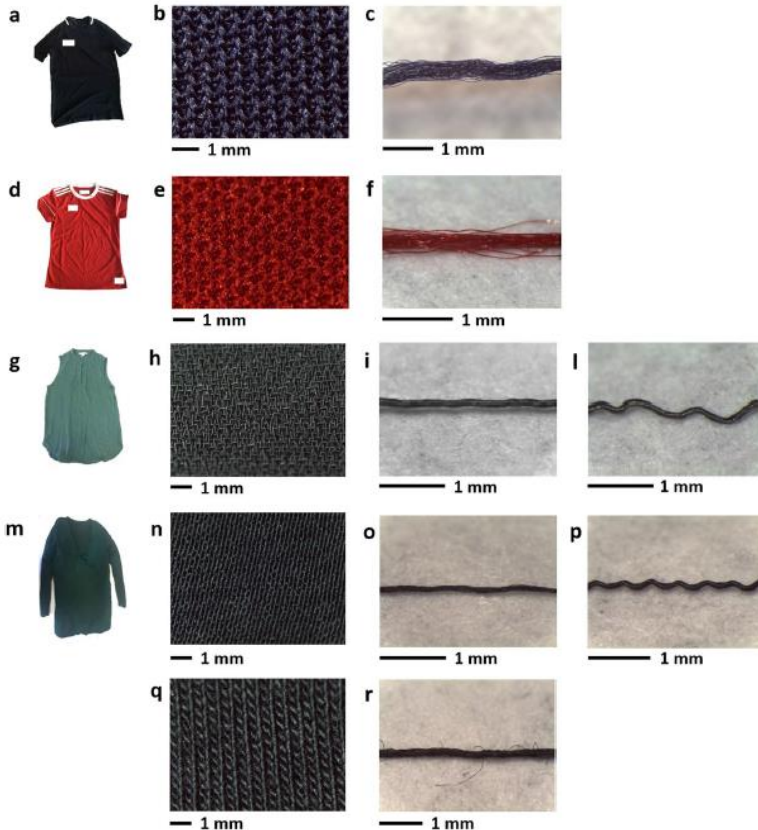
Faktor lingkungan utama yang terkait terbentuknya MP sekunder adalah paparan sinar UV, suhu, gelombang, dan abrasi. Dalam lingkungan perairan dengan pengurangan paparan UV dan suhu rendah (seperti laut dalam) akan memperlambat proses pembentukan MP sekunder (Lusher *et al.*, 2017).

Menurut Dewi *et al.* (2015), terdapat kelimpahan *film*, fragmen, dan serat pada sedimen di Muara Badak. Fragmen berasal dari potongan produk plastik dengan polimer sintesis yang kuat, sedangkan serat berasal dari adanya aktivitas penangkapan. Menurut Falco *et al.* (2019), serat berasal dari hasil pencucian pakaian, dimana setiap bahan serat pakaian sintesis (Gambar 2.3) menghasilkan kelimpahan MP yang berbeda setiap pencuciannya. Pada kegiatan non domestik berasal dari hasil produksi pabrik yang berbentuk pelet. Jenis plastik yang ditemukan dalam sedimen di Muara Badak terdapat pada Gambar 2.2. Sedangkan jenis plastik yang ditemukan di Muara Jagir dan Pantai Wonorejo terdapat pada Gambar 2.4.



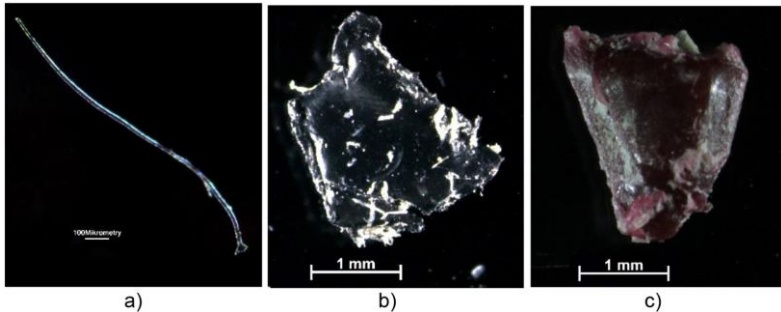
Gambar 2.2 Jenis plastik yang ditemukan dalam sedimen pada di Muara Badak dengan perbesaran 25 kali. (a) serat, (b) fragmen, dan (c) film.

Sumber: Dewi et al. (2015).



Gambar 2.3 Gambar dan mikrograf optik dari pakaian yang dipilih: (a) BT, 100% kaos poliester, (b) bidang permukaan dan (c) benang BT; (d) RT, kaos *polyester* 100%, (e) permukaan bidang dan (f) benang RT; (g) GB, 100% blus *polyester* dengan 65% *polyester* daur ulang, (h) permukaan bidang, (i) benang lungsin dan (l) benang pakan GB; (m) GT, atasan yang bagian depannya terbuat dari 100% *polyester* dan bagian belakangnya terbuat dari campuran katun 50% dan modal 50% (n) permukaan bidang, (o) benang lungsin dan (p) benang *poliester* depan GT, (q) permukaan bidang dan (r) benang GT bagian kapas.

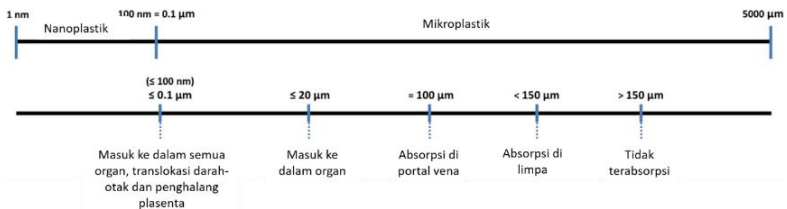
Sumber: Falco et al. (2019)



Gambar 2.4 Bentuk dari MP. (a) serat, (b) *film*, dan (c) fragmen.
Sumber: Firdaus et al. (2019).

2.3 Dampak MP

MP dapat masuk ke dalam tubuh manusia sesuai dengan ukurannya (Gambar 2.5). Apabila MP masuk ke dalam jaringan manusia, dapat menyebabkan kerusakan sistem imunitas pada tubuh manusia (Wright dan Kelly, 2017). MP dengan ukuran lebih besar dari 150 μm tidak terabsorpsi sedangkan MP yang memiliki ukuran lebih kecil dari 150 μm dapat mentranslokasi dari rongga usus ke getah bening dan sistem peredaran darah, dan menyebabkan paparan sistemik. Absorpsi MP sangat terbatas ($\leq 0,3\%$), yaitu hanya MP dengan ukuran $\leq 20 \mu\text{m}$ yang dapat menembus ke dalam organ sedangkan fraksi terkecil ($0,1 > 10 \mu\text{m}$) akan dapat mengakses semua organ, membran sel silang, penghalang darah-otak dan plasenta (Barboza *et al.*, 2018).

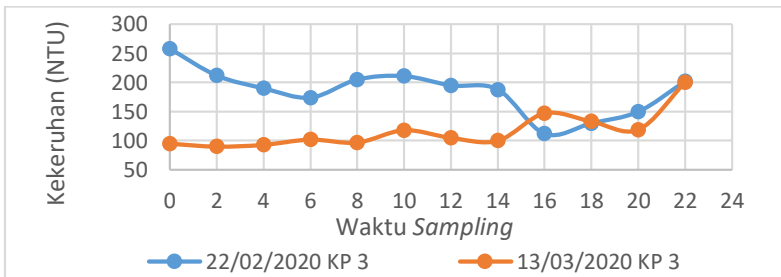


Gambar 2.5 Mikoplastik dan nanoplastik pada tubuh mamalia
Sumber: Barboza et al. (2018)

2.4 Instalasi Pengolahan Air Minum Karangpilang

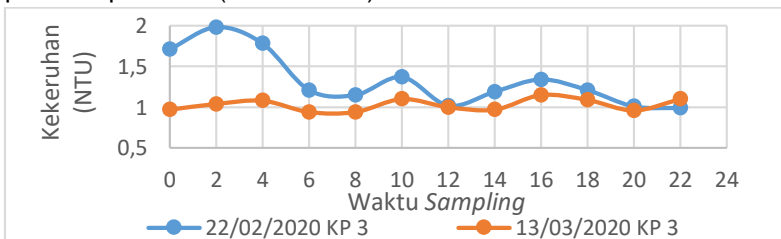
Instalasi Pengolahan Air Minum Karangpilang (IPAM KP) terdiri dari tiga instalasi, yaitu IPAM KP I, II, dan III. Masing-masing IPAM memiliki unit intake, unit aerator, unit prasedimentasi, unit *flashmix*, unit *slowmix*, unit *sedimentasi*, unit filtrasi, dan unit desinfeksi. IPAM KP III memiliki diagram proses yang terdapat pada Gambar 2.8.

Kualitas air baku IPAM KP mengalami fluktuasi berdasarkan waktu. Salah satunya pada parameter fisik yaitu kekeruhan (NTU). Kekeruhan pada air baku (*outlet* aerator) memiliki fluktuasi kekeruhan seperti yang terdapat pada Gambar 2.6.

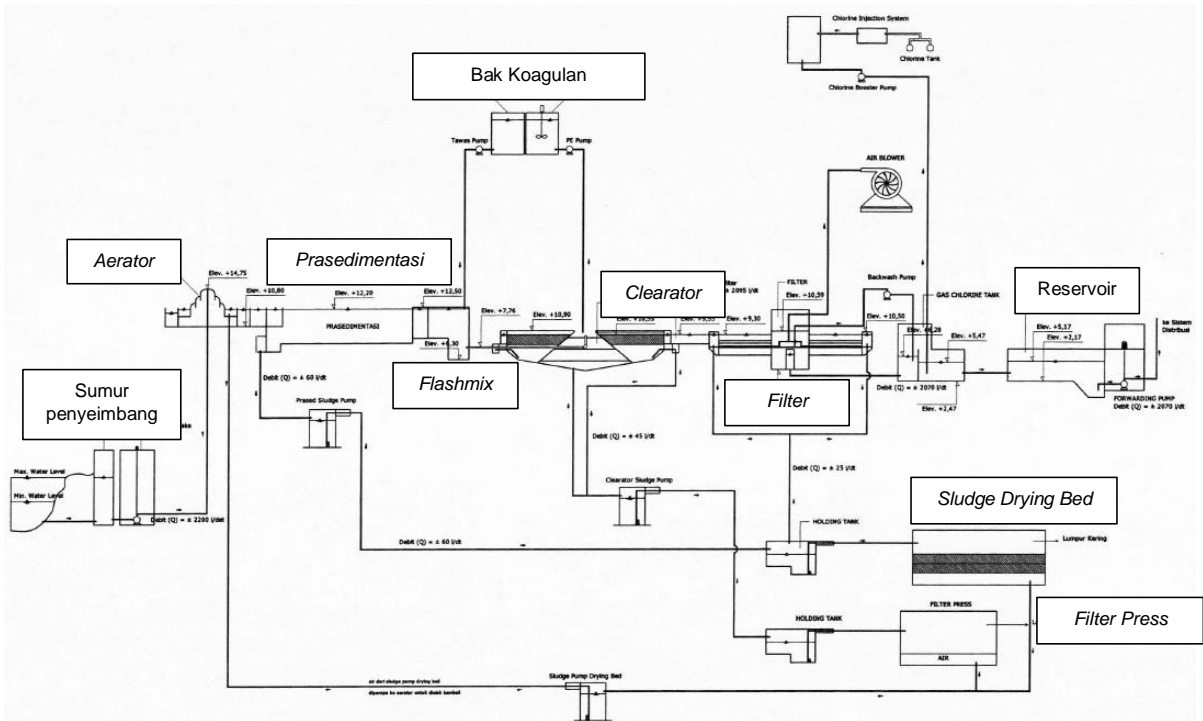


Gambar 2.6 Fluktuasi kekeruhan pada *outlet* aerator dalam 24 jam.
Sumber: PDAM Surya Sembada Surabaya.

Fluktuasi kekeruhan pada air baku disebabkan oleh sumber pencemar bervariasi setiap waktunya pada air baku IPAM KP. Fluktuasi kekeruhan pada air baku sebanding dengan kekeruhan pada air produksi (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Fluktuasi kekeruhan pada air produksi dalam 24 jam.
Sumber: PDAM Surya Sembada Surabaya.



Gambar 2.8 Diagram proses IPAM KP III.
Sumber: Haidar (2009)

Proses yang terdapat pada IPAM KP III (Gambar 2.8), yaitu:

1. Air baku pada Kali Surabaya disadap oleh pipa sadap masuk ke unit sumur pengumpul.
2. Air pada sumur pengumpul dialirkan ke dua unit aerator dengan menggunakan pompa.
3. Air masuk ke masing-masing unit aerator pada pipa inlet dan keluar aerator melalui saluran *outlet* aerator/ *inlet* prasedimentasi.
4. Air yang masuk dari satu unit aerator dibagi menjadi dua bak prasedimentasi.
5. Air dari dua unit prasedimentasi masuk ke satu unit *flashmix*. Pada unit ini air ditambahkan koagulan yang berasal dari bak koagulan dengan menggunakan *dosing pump*.
6. Air dari satu unit *flashmix* masuk ke dua unit *clearator* menggunakan perbedaan elevasi air. Lumpur pada *clearator* dipompa ke *filter press* dan *sludge drying bed*.
7. Air dari empat unit *clearator* tercampur di saluran pembawa menuju 14 unit filtrasi dan mengalir ke reservoir dengan perbedaan elevasi. Air pada pipa filtrasi menuju reservoir di injeksi dengan desinfektan.

Adapun kriteria masing-masing unit proses pada IPAM KP III adalah sebagai berikut.

2.4.1 Unit Aerator

Aerator merupakan salah satu unit penting dari bagian pengolahan air, dimana pada aerator terjadi sebuah proses aerasi. Aerasi berfungsi untuk menghilangkan *Volatile Organic Chemicals* (VOC), gas H_2S dan gas lainnya serta mengoksidasi Fe dan Mn (Spellman, 2003). Selain itu, aerasi juga berfungsi untuk mentransfer atau meningkatkan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) di dalam air agar mampu mencegah terjadinya proses *anaerobic* pada unit pengolahan selanjutnya (Paitaha dan Sholihah, 2019). Berdasarkan jenisnya aerator dibedakan menjadi 4, yaitu: *cascade aeration*, *tower aeration*, *plate aeration*, dan *spray aeration*. Pada IPAM KP III menggunakan jenis *cascade aeration* (Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Aerator IPAM KP III
Sumber: Paitaha dan Sholihah (2019).

Pada Gambar 2.9 dapat dilihat *cascade aeration* berbentuk lingkaran dengan dua tingkat *cascade*. Kriteria aerator lainnya di IPAM KP III terdapat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kriteria aerator IPAM KP III.

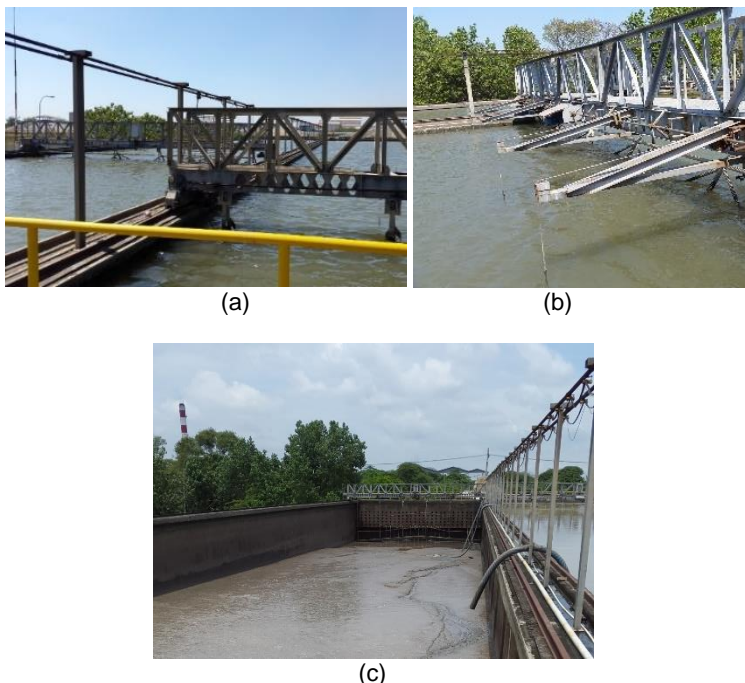
Keterangan	KP III
Jumlah	2
Diameter pipa <i>inlet</i> (mm)	900
Dimensi aerator (m)	<ul style="list-style-type: none"> • panjang : 11 • diameter : 6,8 • kedalaman: 1,7
Kapasitas aerator (L/detik)	2800

Sumber: Paitaha dan Sholihah (2019).

2.4.2 Unit Prasedimentasi

Prasedimentasi merupakan salah satu *unit pretreatment* baik dalam Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) maupun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Hidayaturrahman dan Lee, 2019; Spellman, 2003). Unit prasedimentasi berfungsi untuk

mengendapkan partikel diskrit pada air baku seperti kerikil, pasir, dan partikel yang cukup kasar tanpa penambahan bahan kimia (Paitaha dan Sholihah, 2019; Spellman, 2003).



Gambar 2.10 Prasedimentasi IPAM KP III. (a) dan (b) saat beroperasi dan (c) saat pengurasan

Sumber: Paitaha dan Sholihah (2019).

Pada Gambar 2.10 dapat dilihat unit prasedimentasi di IPAM KP III memiliki *scabber* yang berfungsi untuk mempermudah pengurasan lumpur yang dihasilkan. Selain itu, unit prasedimentasi memiliki *perforated baffle* yang berfungsi untuk meratakan aliran pada unit prasedimentasi. *Perforated baffle* tersusun dari pipa PVC yang direkatkan pada lubang (Anjar, 2015). Pengoperasian prasedimentasi dengan membuka pintu *inlet* prasedimentasi yang merupakan kelanjutan dari unit aerator. Penggunaan unit prasedimentasi di IPAM KP III berfungsi untuk meningkatkan

efisiensi pada unit-unit setelahnya. Adapun kriteria pada unit prasedimentasi terdapat pada Tabel 2.4.

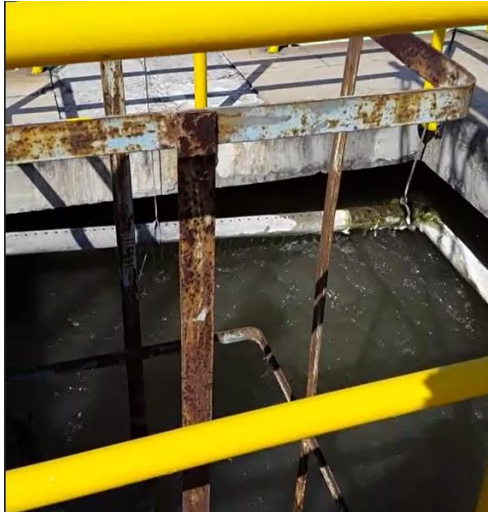
Tabel 2.4 Kriteria unit prasedimentasi KP III

No	Perbedaan	KP III
1.	Jumlah Unit	4
2.	Waktu detensi (jam)	2,4
3.	Dimensi Unit	
	a. Panjang (m)	80
	b. Lebar (m)	15
	c. Kedalaman (m)	4 (tanpa slope)
4.	Cara pengurasan	Dengan <i>scabber</i> dan <i>drain</i> yang dapat diatur waktu pembukaannya
5.	Efisiensi tahun 2019 (%)	12-38
6.	Dimensi ruang lumpur	
	a. Kedalaman (m)	0,6
	b. Panjang (m)	2,1
	c. Lebar (m)	3 (5 buah)

Sumber: Paitaha dan Sholihah (2019)

2.4.3 Unit *Flashmix*

Flashmix atau pengadukan cepat adalah proses dimana tercampurnya koagulan dengan air baku yang berasal dari prasedimentasi. Berdasarkan jenisnya pengadukan cepat dibagi menjadi dua, yaitu pengadukan mekanis dan hidrolis. Pada IPAM KP III menggunakan pengadukan hidrolis (Gambar 2.11).



Gambar 2.11 *Flashmix* IPAM KP III
 Sumber: Paitaha dan Sholihah (2019).

Pengadukan cepat bertujuan untuk menghasilkan turbulensi air agar mampu mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan di dalam air sehingga membentuk inti flok yang kemudian akan membesar ketika pengadukan lambat dan akan mengendap pada unit *clarifier/ clearator*. Pada IPAM KP, koagulan yang digunakan sama yaitu *aluminium sulfat* (Al_2SO_4) atau tawas. Kriteria unit *flashmix* IPAM KP III terdapat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kriteria *flashmix* IPAM KP III.

No	Perbedaan	KP III
1.	Jumlah Unit	2
2.	Dimensi Unit	
	a. Panjang (m)	4,25
	b. Lebar (m)	3,5
	c. Kedalaman (m)	6,2

Sumber: Paitaha dan Sholihah (2019).

2.4.4 Unit *Clearator*

Clearator merupakan perpaduan antara unit *slowmix* (pengadukan lambat) dan sedimentasi (pengendapan) dengan menggunakan *tube settler* seperti pada Gambar 2.12 (Anjar, 2015).



Gambar 2.12 *Clearator* IPAM KP III
Sumber: Paitaha dan Sholihah (2019).

Pengadukan lambat atau *slowmix* berfungsi untuk membentuk flok-flok dari inti flok yang berasal dari proses *flashmix* (Spellman, 2003). Sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan flok-flok yang telah terbentuk pada proses *slowmix* (Spellman, 2003). Adapun kriteria desain *clearator* di IPAM KP III terdapat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kriteria desain *clearator* KP III.

Kriteria	KP III
Jumlah unit	4
Bentuk bak pengendap	<i>Circular</i>
Diameter (m)	25,6
Lebar (m)	10,08
Kedalaman (m)	4,79

Kriteria	KP III
Kemiringan <i>tube settler</i> (derajat)	60
Kemiringan ruang lumpur (derajat)	-
Kedalaman ruang lumpur (m)	1,68
Pelimpah	Menggunakan <i>v-notch</i>

Sumber: Paitaha dan Sholihah (2019).

Berdasarkan data pada Tabel 2.5 kemiringan *tube settler* sebesar 60° berfungsi untuk mencegah terjadinya endapan flok di *tube settler*. Umumnya *tube settler* berfungsi untuk memperluas permukaan pengendapan (Anjar, 2015). *Tube settler* yang digunakan pada IPAM KP III terbuat dari PVC berwarna biru (Gambar 2.13)



Gambar 2.13 *Tube settler* IPAM KP III
Sumber: Paitaha dan Sholihah (2019).

2.4.5 Unit Filtrasi

Filtrasi merupakan suatu proses pemisahan zat padat dari fluida yang membawanya menggunakan media berpori. Tujuan filtrasi adalah untuk menghilangkan partikel yang tersuspensi dan koloid dengan cara menyaring menggunakan media filter. Selain

itu, filtrasi dapat menghilangkan bakteri secara efektif dan juga membantu penyisihan warna, rasa, bau, besi, dan mangan. Berdasarkan kecepatannya filtrasi dibagi menjadi dua, yaitu: *slow sand filter* (saringan pasir lambat) dan *rapid sand filter* (saringan pasir cepat). Berdasarkan jenis dan jumlah media yang digunakan dalam penyaringan, media filter pada filtrasi dibedakan menjadi *single media*, *dual media*, dan *multi media*. Pada IPAM KP III menggunakan *rapid sand filter* (Gambar 2.14).



Gambar 2.14 Unit filtrasi IPAM KP III
 Sumber: Paitaha dan Sholihah (2019).

Pada Gambar 2.14 dapat dilihat dalam satu unit filtrasi terdapat enam kotak yang dipisahkan oleh saluran *drain* berbahan beton. Saluran ini berfungsi untuk membuang air saat proses *backwash*. Spesifikasi desain filtrasi IPAM KP III terdapat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Kriteria desain filtrasi KP III.

Kriteria	KP III
Jumlah unit	14
Tipe media	Dua media
Ketebalan media (cm)	30
Lebar bak (m)	7
Panjang bak (m)	9
Kedalaman (m)	2,67
Kecepatan aliran ($m^2/ m^2.jam$)	8
Arah aliran	<i>Down flow</i>

Kriteria	KP III
Pencucian (<i>backwash</i>) filtrasi	Dilakukan setiap hari pada 3 <i>shift</i> pagi, siang, dan malam.
Lama pencucian (menit)	30
Sistem pencucian	Menggunakan <i>blower</i>

Sumber: Paitaha dan Sholihah (2019).

2.5 Penelitian Terdahulu

Kelimpahan dan karakteristik pada air baku dan air produksi telah dilakukan oleh beberapa orang seperti yang terdapat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Kelimpahan mikro-meso plastik pada air baku dan produksi

No	Titik <i>sampling</i>	Kelimpahan (partikel/L)	Bentuk	Keterangan	Sumber
1.	Air tandon, Surabaya Timur	56,61	Serat, <i>film</i> , dan <i>fragments</i>	<i>Micro debris</i>	Ariskha, 2019
2.	Air keran, Surabaya Timur	30,77	Serat, <i>film</i> , dan <i>fragments</i>	<i>Micro debris</i>	Ariskha, 2019
3.	Permukaan Kali Surabaya, Driyorejo	1244	Serat, <i>film</i> , <i>foam</i> , dan <i>fragments</i>	Meso-plastik	Wijaya, 2019.
4.	Permukaan Kali Surabaya, KP	900	Serat, <i>film</i> , <i>foam</i> , dan <i>fragments</i>	Meso-plastik	Wijaya, 2019.
5.	Permukaan Kali Surabaya, Bamber	190	Serat, <i>film</i> , <i>foam</i> , dan <i>fragments</i>	Meso-plastik	Wijaya, 2019.
6.	Air Sungai Yangtze, Cina	6614 ± 1132	Serat, <i>spheres</i> ,	<i>Microplastic</i>	Wang <i>et al.</i> , 2020

No	Titik <i>sampling</i>	Kelimpahan (partikel/L)	Bentuk	Keterangan	Sumber
			dan <i>fragments</i>		
7.	Air produksi ADWTP, Cina	930 ± 72	Serat, <i>spheres</i> , dan <i>fragments</i>	<i>Microplastic</i>	Wang <i>et al.</i> , 2020
8.	Air baku IPAM Nethen, Holdorf, Sandelermoens, Thueisfelde, Negara Jerman	700	Serat	<i>Microplastic</i>	Mintenig <i>et al.</i> , 2019.
9.	Air baku IPAM 1, Republik Czechia	1473 ± 34	Serat dan <i>fragments</i>	<i>Microplastic</i>	Pivokon sky <i>et al.</i> , 2018.
10	Air baku IPAM 2, Republik Czechia	1812 ± 35	Serat dan <i>fragments</i>	<i>Microplastic</i>	Pivokon sky <i>et al.</i> , 2018.
11	Air baku IPAM 3, Republik Czechia	3605 ± 497	Serat dan <i>fragments</i>	<i>Microplastic</i>	Pivokon sky <i>et al.</i> , 2018.
12	Air produksi IPAM 1, Republik Czechia	443 ± 10	Serat dan <i>fragments</i>	<i>Microplastic</i>	Pivokon sky <i>et al.</i> , 2018.
13	Air produksi IPAM 2, Republik Czechia	338 ± 76	Serat dan <i>fragments</i>	<i>Microplastic</i>	Pivokon sky <i>et al.</i> , 2018.
14	Air produksi IPAM 3,	628 ± 28	Serat dan <i>fragments</i>	<i>Microplastic</i>	Pivokon sky <i>et</i>

No	Titik <i>sampling</i>	Kelimpahan (partikel/L)	Bentuk	Keterangan	Sumber
	Republik Czechia				<i>al.</i> , 2018.

Berdasarkan data pada Tabel 2.7 kelimpahan mesoplastik dan mikroplastik pada air baku dan air produksi setiap tempat berbeda-beda. Hal ini dikarenakan sumber air baku dan unit pengolahan IPAM pada negara tersebut juga berbeda-beda. Pada Surabaya Timur air berasal dari IPAM yang memiliki unit pengolahan aerator, *flashmix*, *clearator*, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Pada ADWTP di Negara Cina memiliki unit operasi sedimentasi, *sand filtration*, *ozonation*, dan *GAC filtration* (Wang *et al.*, 2020). Sedangkan pada Republik Czechia, IPAM 1 menggunakan air baku yang berasal dari reservoir air limbah dan menggunakan unit *flashmix*, *slowmix*, dan *sand filtration* (Pivokonsky *et al.*, 2018). Sumber air baku pada IPAM 2 yaitu reservoir air kecil dan menggunakan unit *flashmix*, *slowmix*, sedimentasi, *sand* dan *GAC filtration* untuk melakukan pengolahan (Pivokonsky *et al.*, 2018). Pada IPAM 3 menggunakan sungai sebagai air baku dan memiliki unit pengolahan *flashmix*, *slowmix*, *flotation*, *sand filtration* dan *GAC filtration* (Pivokonsky *et al.*, 2018). Menurut Kosuth *et al.* (2018), kelimpahan *anthropogenic debris* pada 14 negara seperti pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Kelimpahan *anthropogenic debris* pada air keran di 14 Negara

No	Negara	Jumlah titik sampel ^a	Rata-rata kelimpahan (partikel/L) ^a	Sumber Air
1.	Kuba	1	7,17	Air sungai, air danau, air pantai, dan air tanah ^b
2.	Ekuador	24	4,02 ± 3,2	Air telehan Salju dari gunung berapi, air sungai dan reservoir ^a

No	Negara	Jumlah titik sampel ^a	Rata-rata kelimpahan (partikel/L) ^a	Sumber Air
3.	Inggris	3	7,73 ± 4,76	Air permukaan ^c (tap water)
4.	Prancis	1	1,82	Air tanah (tap water) ^d
5.	Jerman	2	0,91 ± 1,29	Air laut dan air tanah ^a
6.	India	17	6,24 ± 6,41	Air tanah (tap water) dan air sungai (perkotaan) ^a
7.	Indonesia	21	3,23 ± 3,48	Sungai dan air tanah (sumur) ^a
8.	Irlandia	1	1,83	Air tanah dan air permukaan (sungai) ^e
9.	Itali	1	0	air tanah dan air permukaan ^f
10	Lebanon	16	6,64 ± 6,38	Air tanah (sumur) ^a
11.	Slovakia	8	3,83 ± 4,47	Air tanah (Sumur), tap water ^a
12.	Swiss	2	2,74 ± 3,87	Air permukaan (sungai dan danau) dan air tanah ^g
13.	Uganda	26	3,92 ± 3,17	Air danau ^a
14.	Amerika Serikat	33	9,24 ± 11,8	Air sungai (tap water) dan air pegunungan ^a

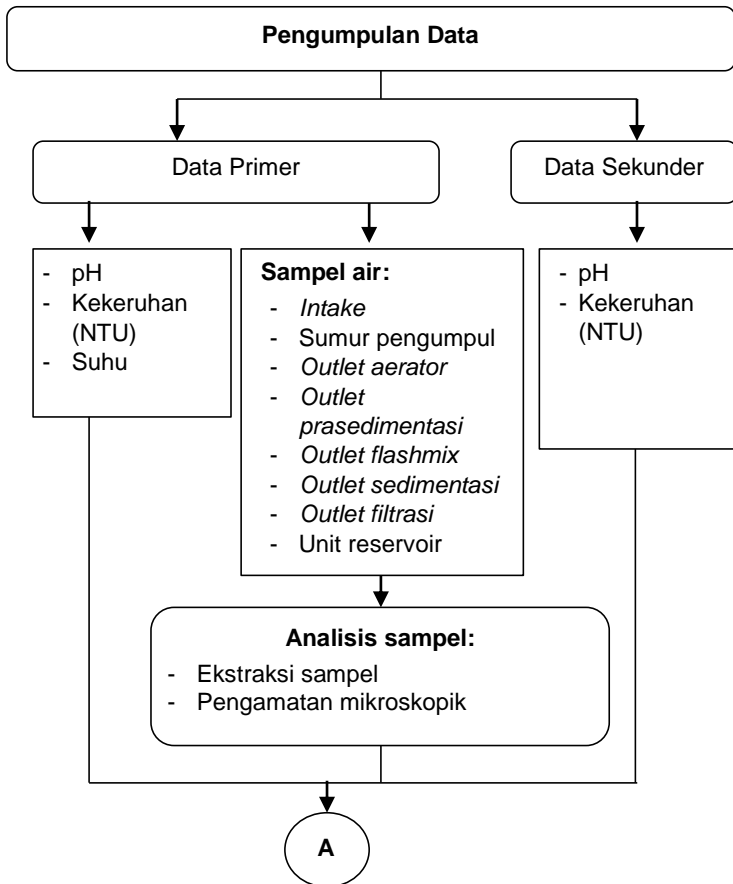
Sumber: ^aKosuth et al. (2018), ^bPumar et al. (2016), ^canonim (2018), ^dSalveti (2012), ^eRoche dan Page (2017), ^fDinelli et al. (2012), dan ^gBlanc dan Schadler (2014).

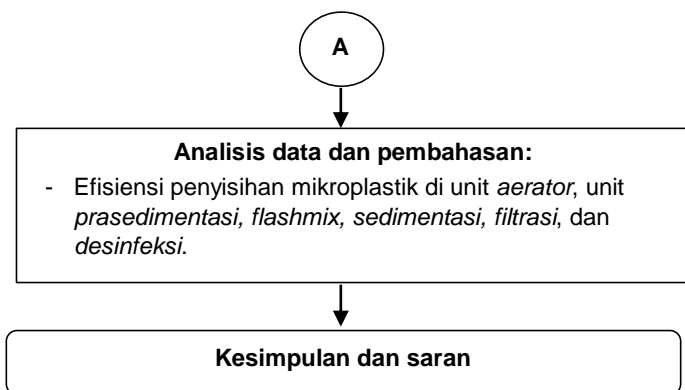
-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Dalam melakukan sebuah penelitian diperlukan adanya kerangka penelitian agar penelitian dapat terarah dan menghasilkan kesimpulan. Kerangka penelitian pada tugas akhir ini yaitu:

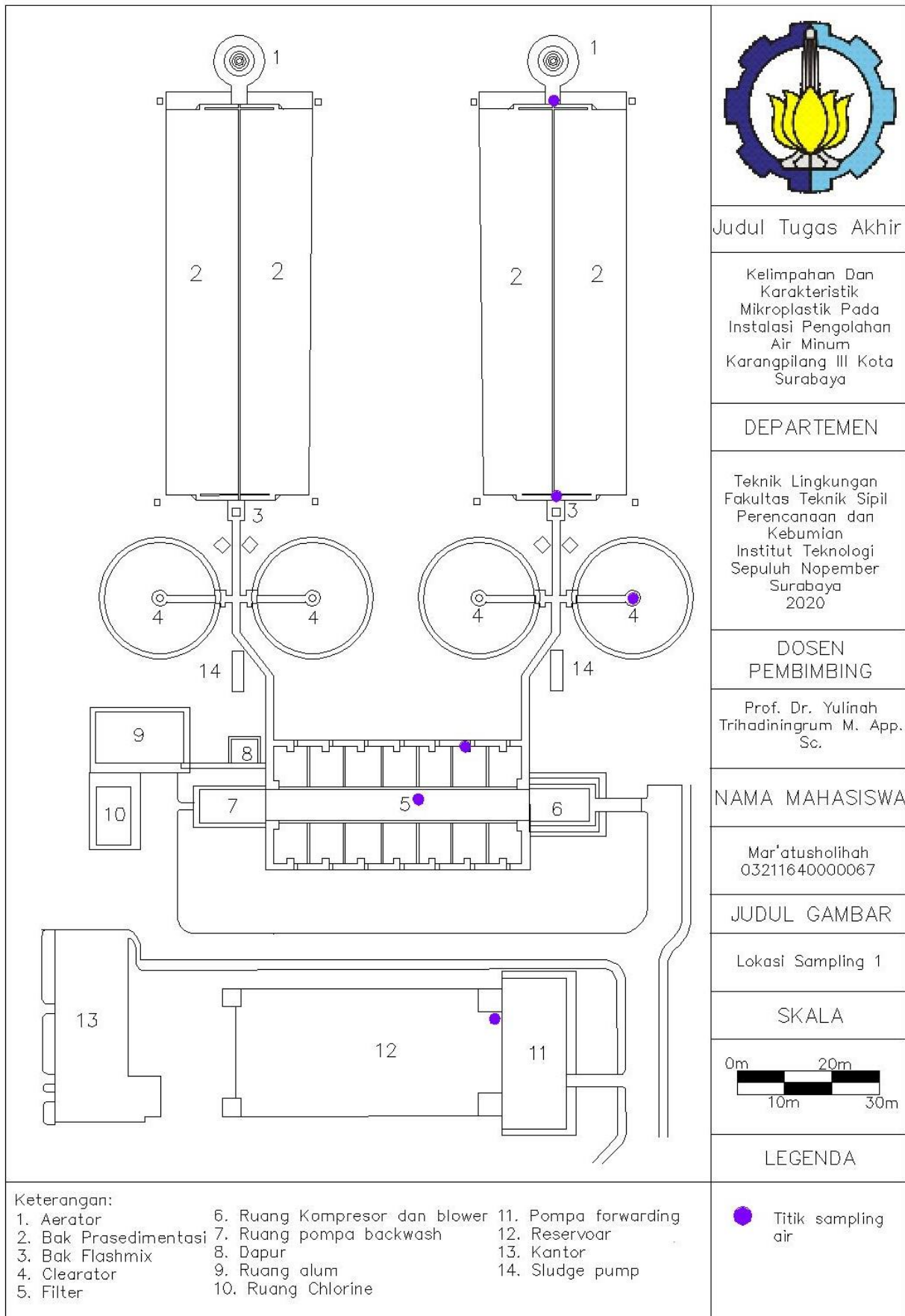




Gambar 3.1 Kerangka penelitian

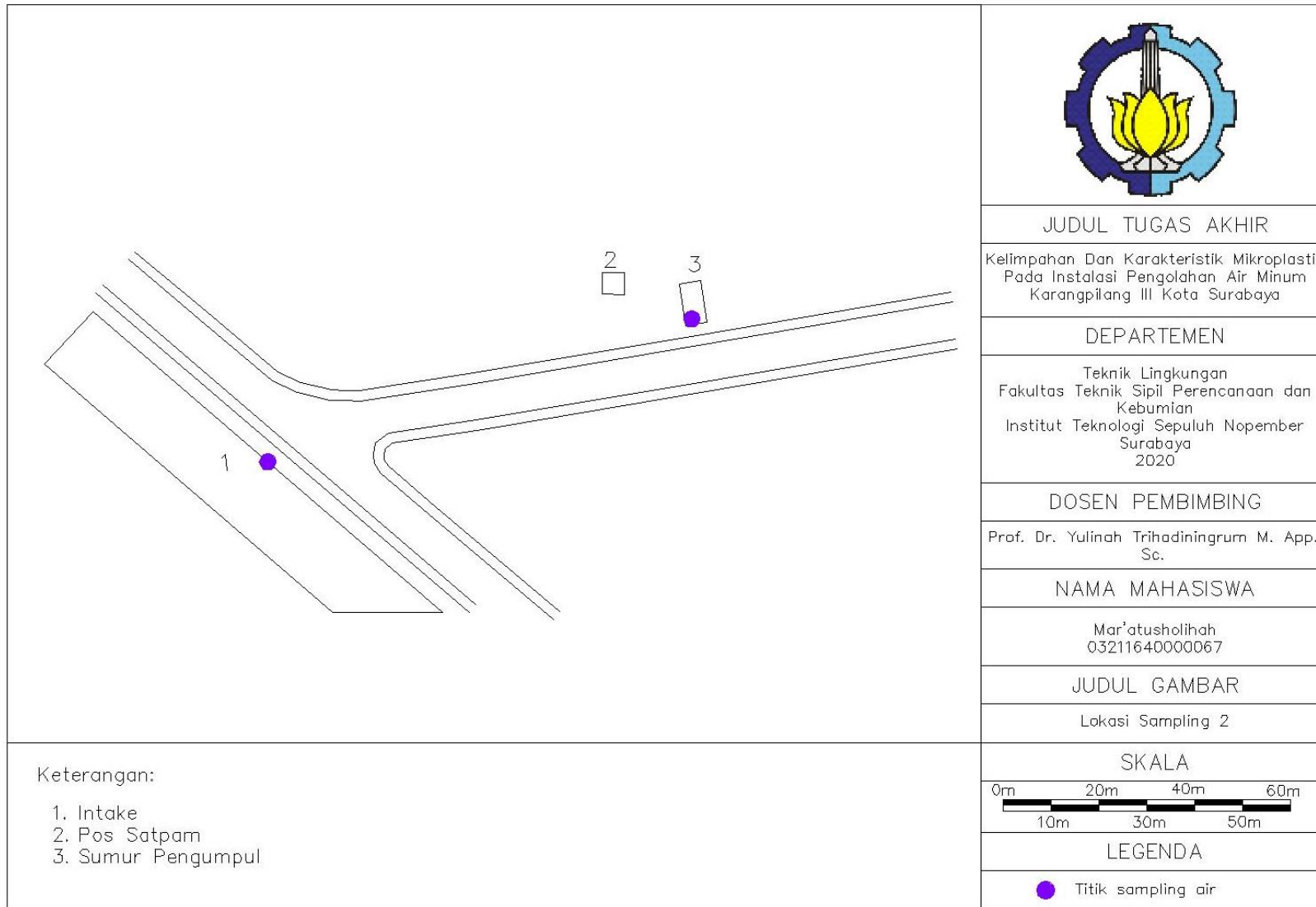
3.1.1 Lokasi Sampling

Pada IPAM KP III *sampling* air dilakukan pada unit *intake*, unit sumur pengumpul, saluran pembawa pada *outlet* aerator, *outlet* prasedimentasi, *outlet flashmix*, *outlet clearator*, *outlet* filtrasi, dan unit *reservoir* (Gambar 3.2 – 3.3). Pengambilan *sampling* disetiap unit operasi berfungsi untuk mengetahui efisiensi penyisihan mikroplastik pada setiap unit sehingga dapat mengetahui unit yang memiliki efisiensi tertinggi dalam menyisihkan mikroplastik. Pada masing-masing titik *sampling* dilakukan pengambilan sampel satu kali pada pukul 06.00 – 09.00 tanpa pengulangan. Jumlah sampel yang dianalisis yaitu 8 sampel air.



Gambar 3.2 Titik sampling

-Halaman ini sengaja dikosongkan-



Gambar 3.3 Titik *sampling* 2

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

3.1.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data primer, data sekunder. Data primer yang dikumpulkan yaitu suhu, pH, dan kekeruhan. Sedangkan data sekunder yang dikumpulkan yaitu data kekeruhan dan pH air baku dan air produksi. Data primer diperoleh bersamaan dengan pengambilan sampel air. Sedangkan data sekunder dikumpulkan pada hari yang sama melakukan *sampling* air. Pengukuran pH menggunakan pH meter, suhu menggunakan *thermometer*, dan kekeruhan menggunakan turbidimeter. Parameter suhu, pH merupakan parameter yang dapat mempengaruhi proses degradasi dan pengendapan MP.

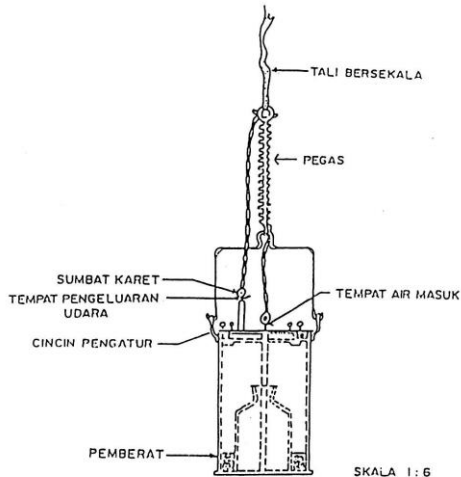
a. *Sampling* air

Sampling air dilakukan dengan menggunakan botol kaca bervolume 2,5 L sebanyak 2 buah sehingga jumlah total sampel air 5 L (Lampiran 3). Prosedur *sampling* air sebagai berikut (Bartram dan Balance, 1996):

1. Menyiapkan botol *sampling*. Dengan seutas tali, pasang beban ke botol sampel yang disterilkan (Gambar 3.4).
2. Memasang botol ke tali. Ambil tali sepanjang 20m, gulung di sekitar tongkat, dan ikat ke tali botol dan buka botol.
3. Menurunkan botol. Turunkan botol tertimbang ke dalam sumur, perlahan-lahan membuka tali. Jangan biarkan botol menyentuh sisi sumur.
4. Mengisi botol. Celupkan botol sepenuhnya ke dalam air dan terus turunkan hingga agak jauh di bawah permukaan. Jangan biarkan botol menyentuh bagian bawah sumur atau mengganggu endapan.
5. Angkat botol. Setelah botol dinilai penuh, angkat dengan menggulung tali di sekitar tongkat. Jika botol benar-benar penuh, buang sedikit air untuk memberikan ruang udara. Tutup botol seperti dijelaskan sebelumnya.

b. Preparasi sampel air.

Sampel disimpan pada *cooling box* dengan suhu 4°C.



Gambar 3.4 *Sampling* air dengan menggunakan botol.

Sumber:

[http://dinus.ac.id/repository/doccs/ajar/TM_6 Teknik Sampling Kualitas Air.pdf](http://dinus.ac.id/repository/doccs/ajar/TM_6_Teknik_Sampling_Kualitas_Air.pdf).

3.1.3 Analisis Sampel

Analisis sampel terdiri dari ekstraksi MP, perhitungan kelimpahan MP, bentuk, warna, dan ukuran dari MP yang ada. Ekstraksi MP pada air berfungsi untuk memisahkan MP dengan air sehingga dapat dihitung kelimpahan dan dilakukan analisis karakteristik MP tersebut.

a. Ekstraksi MP pada air

1. Melakukan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) (Lampiran 1) dengan cara menambahkan larutan Fe (II) 0,05 M. Kemudian menambahkan hidrogen peroksida (H_2O_2) 30% sebanyak 10mL dan memanaskan dengan *hot magnetic stirrer* hingga $75^\circ C$ selama 30 menit untuk menghilangkan zat organik dari sampel air (Masura *et al.*, 2015). Metode pembuatan larutan Fe (II) 0,05M terdapat pada Lampiran 2.
2. Sampel pra-perlakuan (WPO) disaring menggunakan *vacum filter* yang dilengkapi oleh membran *polytetraflouroethylene* (PTFE) ukuran pori $0,2 \mu m$ dan

diameter 47 mm. Sebelum membrane PTFE digunakan diberi etanol menggunakan pipet tetes.

3. Membran filter didiamkan di dalam cawan petri selama 30 menit.

b. Pengamatan mikroskopik

Pengamatan ini bertujuan untuk memisahkan MP berdasarkan warna (enam warna dasar), bentuk, dan ukurannya. Prosedur pengamatan mikroskopik, yaitu (Ariskha, 2019):

1. Menyiapkan sampel yang telah diekstraksi pada membran filter.
2. Menyiapkan kaca preparat yang tertera ukuran dari 5,6 mm hingga 0,1 mm.
3. Melakukan pengamatan ukuran, warna, dan bentuk MP menggunakan *dissecting microscope (Sunshine SZM45T-B1 dan Dino Capture 2.0)* dengan pembesaran 40x – 60x.
4. Memindahkan partikel MP dari membran *filter* menuju *petri dish* dan meletakkan sesuai pada ukurannya dengan menggunakan pinset.
5. Memindahkan MP ke aluminium foil yang dilapisi kertas kue setelah selesai pengamatan.

3.1.4 Analisis Data dan Pembahasan

Hasil analisis disajikan dalam bentuk diagram maupun grafik, dengan metode statistika deskriptif. Kelimpahan MP pada titik *inlet* dan *outlet* setiap unit dihitung efisiensi penyisihan MP dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi} = \frac{(\text{MP air baku} - \text{MP air produksi})}{\text{MP air baku}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Data kelimpahan MP pada air akan dikombinasikan dengan karakteristik MP yang terdapat pada setiap unit sehingga dapat diketahui unit yang memiliki efisiensi penyisihan MP tertinggi. Selain itu, kelimpahan dan karakteristik MP akan dikombinasikan dengan data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan

sehingga mengetahui penyebab terjadi penyisihan MP pada IPAM KP III.

3.1.5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yaitu hasil dari analisis pada penelitian ini yang menjawab tujuan dan rumusan masalah pada penelitian ini. Sedangkan saran berisi mengenai ulasan penelitian ini, dan pengembangan untuk penelitian kedepannya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Waktu dan Kondisi Lingkungan di Titik *Sampling*

Sampling dilakukan selama sehari pada setiap unit operasi IPAM pada Bulan Februari 2020. Kondisi lingkungan yang diukur yaitu pH, suhu, dan kekeruhan (NTU). Kondisi lingkungan pada saat *sampling* dapat dilihat pada Tabel 4.1

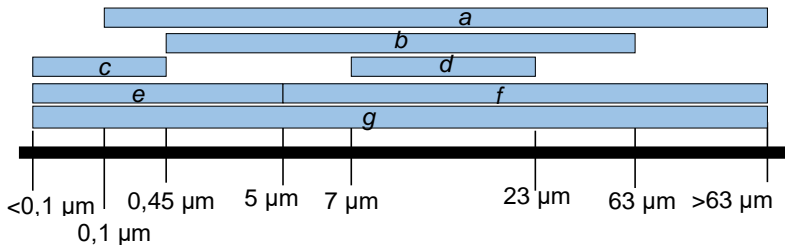
Tabel 4.1 Data kondisi lingkungan IPAM KP III pada Kamis, 22 Februari 2020

Titik <i>Sampling</i>	Pukul	pH	Kekeruhan (NTU)
<i>Intake</i>	06.30	7,45	177
	13.00	7,55	130
Sumur Pengumpul	07.25	7,53	170
	13.15	7,525	54,1
<i>Outlet</i> Aerator	07.45	7,5	95,7
	14.15	7,65	38,9
<i>Outlet</i> Prasedimentasi	07.45	7,5	144
	14.00	7,55	71
<i>Outlet Flashmix</i>	08.15	7,1	78,3
	14.00	7,375	72,6
<i>Outlet Clearator</i>	08.31	7,15	0,87
	14.30	7,15	2,31
<i>Outlet</i> Filtrasi	08.45	7,2	0,44
	14.45	7,3	0,24
<i>Outlet</i> Desinfeksi / Reservoir	09.00	7,23	0,51
	14.30	7,35	0,75

Sampel pada IPAM KP III memiliki pH yang berfluktuasi berdasarkan waktu dan unit antara 7,1 – 7,65. Nilai pH tertinggi terdapat pada sampel dari unit sumur pengumpul yaitu 7,53 (sesi pertama) dan *outlet* aerator yaitu 7,65 (sesi kedua). Sedangkan pH air setelah melewati unit desinfeksi adalah 7,1 (sesi 1) dan 7,35 (sesi 2). Nilai pH IPAM KP III mengalami penurunan yang cukup signifikan setelah melewati unit *flashmix* karena terdapat penambahan koagulan tawas (Al_2SO_4). Menurut Aziz *et al.* (2013), penambahan tawas pada air dapat menghasilkan senyawa H_2SO_4 , sehingga akan menurunkan pH air. Sampel pada IPAM III memiliki suhu $22^{\circ}C$ IPAM KP III. Sedangkan kekeruhan air pada unit intake hingga unit *reservoir* (air produksi) mengalami fluktuasi kekeruhan, namun kekeruhan cenderung mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan kekeruhan sumber air baku (unit intake) juga mengalami fluktuasi setiap jamnya (Gambar 2.6).

Menurut Ariza-Tarazona *et al.* (2020), kombinasi pH dan suhu dapat mempengaruhi proses degradasi MP. Dimana degradasi MP terjadi secara optimum pada pH rendah (asam) dan suhu rendah. Berdasarkan Tabel 4.1 pH setiap unit IPAM netral dan suhu yang rendah (dibawah suhu ruang) sehingga tidak mempengaruhi proses degradasi MP.

Menurut Ritter (2010), partikel tersuspensi merupakan salah satu penyebab kekeruhan dimana terdiri dari bahan organik, inorganik, maupun plankton. Selain itu, kekeruhan juga dapat disebabkan oleh alga, *dissolved minerals*, *dissolved humic substances*, *sediment*, dan *detrital organic matter* (Bilotta dan Brazier, 2008). Partikel penyebab kekeruhan tersebut memiliki ukuran yang berbeda seperti yang terdapat pada Gambar 4.1.



Keterangan:

- | | |
|---|---|
| a. Alga ^a | e. Dominasi partikel pada kekeruhan 0 – 40 NTU ^c |
| b. <i>Sediment</i> ^a | f. Dominasi partikel pada kekeruhan 40 – 100 NTU ^c |
| c. <i>Dissolved humic substances</i> dan <i>dissolved material</i> ^a | g. <i>Detrital Organic Matter</i> ^a |
| d. Dominasi Partikel kekeruhan di air minum ^b | |

Gambar 4.1 Ukuran partikel yang mempengaruhi kekeruhan dalam air.

Sumber: a. *Bilotta dan Brazier (2008)*, b. *Vreeburg et al. (2008)*, dan c. *Yao et al. (2014)*.

Berdasarkan data pada Gambar 4.1 partikel yang mempengaruhi kekeruhan air berkisar antara 0,1 µm hingga lebih dari 63 µm, sedangkan MP memiliki ukuran 1 µm – 5 mm. Hal ini berarti MP dapat terbaca sebagai kekeruhan pada air. Selain itu, berdasarkan pada Tabel 4.6 pada unit intake dan *outlet* filtrasi memiliki kelimpahan MP yang relatif sama yaitu 54,4 partikel/L dan 52,2 partikel/L. Kekeruhan air pada dua titik tersebut memiliki selisih yang tinggi. Hal ini berarti pada unit intake kekeruhan dipengaruhi oleh alga, *sediment*, partikel diskrit, dan lain-lain, sedangkan pada *outlet* filtrasi kekeruhan diduga dipengaruhi oleh mikroplastik.

4.2 Kelimpahan dan Karakteristik MP

Pada air baku dan air produksi IPAM KP III masih terdapat MP. MP pada air baku (Kali Surabaya) berasal dari kegiatan domestik dan industri yang disebabkan oleh fasilitas pengelolaan sampah terbatas, tingkat pelayanan terbatas, dan partisipasi masyarakat rendah (*Lestari et al., 2020*). Kelimpahan MP pada air produksi

mengalami penurunan dari 54,4 partikel/L menjadi 13 partikel/L. Sehingga perhitungan efisiensi penyisihan kelimpahan MP pada IPAM KP III, yaitu:

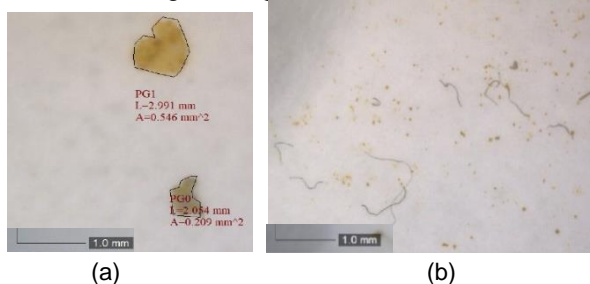
$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{(\text{MP air baku} - \text{MP air produksi})}{\text{MP air baku}} \times 100\% \dots\dots\dots(1) \\ &= \frac{(54,4 - 13)}{54,4} \times 100\% \\ &= 76,10\% \end{aligned}$$

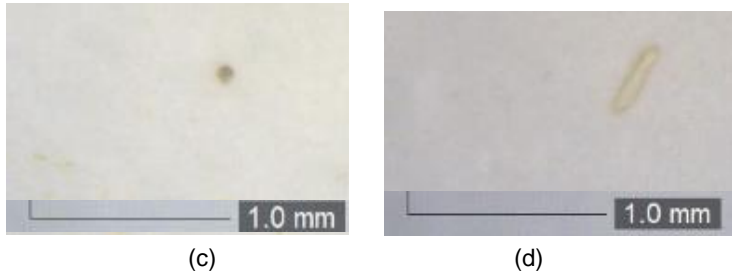
Menurut Pivokonsky *et al.* (2018), IPAM di Negara Czechia yang terdiri dari unit *flashmix*, *slowmix*, dan *sand filtration* memiliki efisiensi penyisihan MP 70%. Sedangkan IPAM KP III yang memiliki unit aerator, unit prasedimentasi, *flashmix*, *clearator*, dan *sand filtration* memiliki efisiensi penyisihan MP 76,1%. Hal ini berarti IPAM KP III lebih efektif untuk mengurangi kelimpahan MP yang ada pada air baku jika dibandingkan dengan IPAM di Negara Czechia. Hal ini dikarenakan IPAM KP III memiliki unit prasedimentasi sebagai *pretreatment*, sehingga MP memiliki potensi mengendap lebih besar karena memiliki waktu pengendapan lebih lama.

MP yang terdapat pada IPAM tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Karakteristik MP tersebut dibedakan berdasarkan bentuk, warna, dan ukuran.

4.2.1 Kelimpahan MP Berdasarkan Bentuk

Berdasarkan pengamatan mikroskop, bentuk MP yang terdapat pada IPAM KP III, yaitu: serat, *film*, *fragment*, dan *pellet* (Gambar 4.2). Jumlah MP masing-masing bentuk terdapat pada Tabel 4.2.





Gambar 4.2 Bentuk MP. (a) *fragment*, (b) serat, (c) *pellet*, dan (d) film.

Tabel 4.2 Bentuk MP di IPAM KP III.

Bentuk	Air Baku		Air Produksi	
	(partikel/L)	%	(partikel/L)	%
Serat	51,6	94,1	10,6	81,5
Film	0	0	0,2	1,5
Fragment	3	5,5	2	15,4
Pellet	0,2	0,4	0,2	1,5

Bentuk MP yang paling banyak pada IPAM KP III yaitu serat 81,5-94,1% kemudian *fragment* 5,5-15,4% (Tabel 4.2). Menurut Pivokonsky *et al.* (2018), pada air baku IPAM Negara Czechia, kelimpahan MP berbentuk *fragment* 42-76% dan serat 37-61%. Pada air baku hanya terdapat MP berbentuk serat, *fragment*, dan *pellet*. Sedangkan pada air produksi MP berbentuk serat, *film*, *fragment*, dan *pellet*. Berdasarkan bentuk MP tersebut maka dapat diketahui MP pada IPAM KP III merupakan MP sekunder. Dimana MP bentuk serat berasal dari air limbah (serat pakaian) yang dibuang ke sungai, dan fragmentasi jaring yang digunakan untuk menangkap ikan (Liebezeit dan Dubaish, 2012; Falco *et al.*, 2019).

4.2.2 Kelimpahan MP Berdasarkan Ukuran

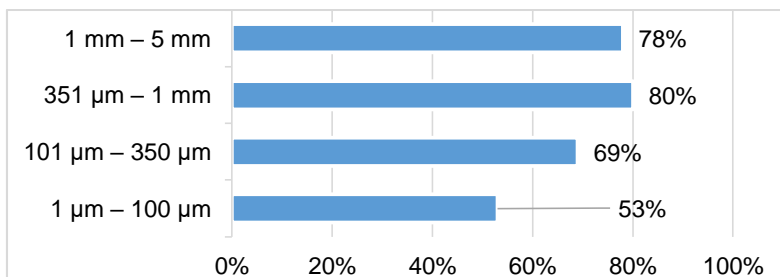
Pada penelitian ini pengelompokan MP mengacu pada Frias dan Nash (2018) dan Lestari *et al.* (2020) dibagi menjadi 4 kelas, yaitu: 1 μm – 100 μm , 101 μm – 350 μm , 351 μm – 1 mm, dan 1 mm – 5 mm. Klasifikasi ukuran tersebut berdasarkan sumber air baku yang digunakan IPAM KP III berasal dari Kali Surabaya

sebagaimana penelitian yang pernah dilakukan oleh Lestari *et al.* (2020) di Kali Surabaya serta Frias dan Nash (2018) di air permukaan.

Tabel 4.3 Kelimpahan MP berdasarkan ukuran di IPAM KP III.

Ukuran	Air Baku		Air Produksi	
	(partikel/L)	%	(partikel/L)	%
1 μm – 100 μm	3	5,5	1,4	10,8
101 μm – 350 μm	9,8	18	3	23,1
351 μm – 1 mm	23	42,3	4,6	35,4
1 mm – 5 mm	18,6	34,2	4	30,8

Berdasarkan data pada Tabel 4.3 MP pada IPAM KP III didominasi oleh MP berukuran 351 μm – 1 mm sebanyak 23 partikel/ L (air baku) dan 4,6 partikel/L (air produksi). Sedangkan ukuran MP paling sedikit yaitu MP berukuran antara 1 μm – 100 μm . Data pada Tabel 4.3 dapat dihitung efisiensi penyisihan MP berdasarkan ukuran dengan menggunakan persamaan 1, sehingga didapatkan grafik pada Gambar 4.3. Efisiensi penyisihan MP dari paling tinggi yaitu 351 μm – 1 mm, 1 mm – 5 mm, 101 μm – 350 μm , dan 1 μm – 100 μm (Gambar 4.2).



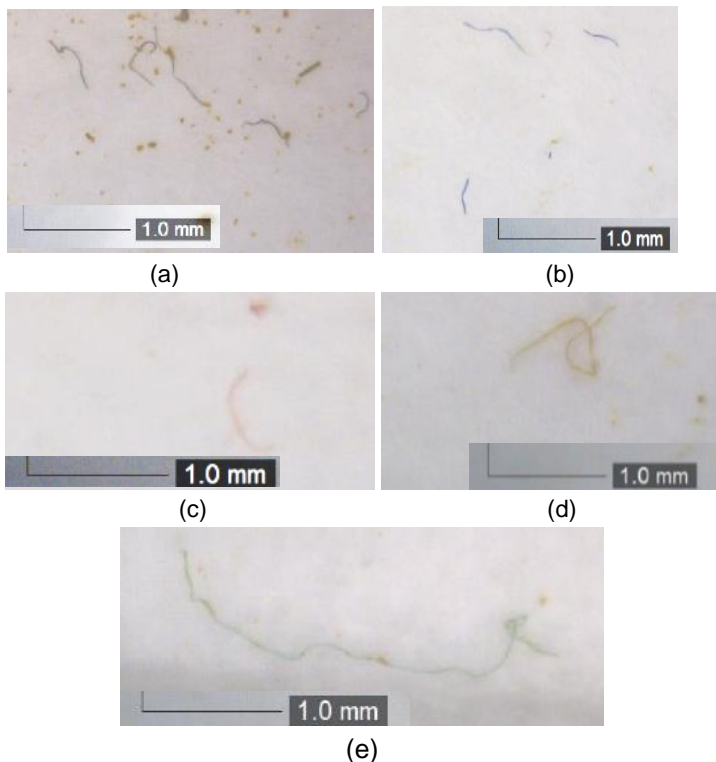
Gambar 4.3 Efisiensi penyisihan MP total pada IPAM berdasarkan ukuran.

Berdasarkan data pada Gambar 4.3 efisiensi penyisihan MP paling tinggi yaitu MP berukuran 351 μm – 1 mm dan 1 mm – 5 mm. Hal ini dikarenakan MP mengalami pengendapan dan fragmentasi pada unit-unit IPAM. Fragmentasi dapat terjadi karena

kondisi cuaca seperti radiasi UV-B, angin, gelombang (Liebezeit dan Dubaish, 2012; Wibowo *et al.*, 2019; Zbyszewski *et al.*, 2014).

4.2.3 Kelimpahan MP Berdasarkan Warna

Menurut Lestari *et al.* (2020), warna MP dikelompokkan menjadi 6, yaitu: hitam, biru, merah, kuning, putih, dan *transparent*. Pada pengamatan menggunakan mikroskop tidak ditemukan warna putih, namun terdapat warna hijau. Oleh karena itu klasifikasi berdasarkan warna dibagi menjadi 6, yaitu: hitam, biru, merah, kuning, hijau, dan *transparent* (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Warna MP. (a) hitam, (b) biru, (c) merah, (d) kuning, dan (e) hijau.

Tabel 4.4 Kelimpahan MP berdasarkan warna di IPAM KP III.

Warna	Air Baku		Air Produksi	
	(partikel/L)	%	(partikel/L)	%
Hijau	2	3,7	0,2	1,5
Hitam/ abu-abu	29,2	53,7	3,6	27,7
Biru	14	25,7	4,4	33,8
Merah	4,8	8,8	2,8	21,5
Kuning/ coklat	2	3,7	1,6	12,3
<i>Transparant</i>	2,4	4,4	0,4	3,1

Berdasarkan data pada Tabel 4.4, warna MP pada air baku didominasi oleh warna hitam sebanyak 29,2 partikel/L (53,7%) dan warna biru sebanyak 14 partikel/L (25,7%). Warna MP yang terdapat di air produksi didominasi oleh warna biru sebanyak 4,4 partikel/L (33,8%), warna hitam sebanyak 3,6 partikel/L (27,7%), dan warna merah sebanyak 2,8 partikel/L (21,5%). Menurut Kosuth *et al.* (2018), warna MP yang terang sulit untuk dideteksi walaupun media filter yang digunakan berwarna merah. Sehingga pada penelitian ini banyak ditemukan MP berwarna pekat. Berdasarkan bentuk dan warnanya, kelimpahan MP di air baku dan air produksi terdapat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kelimpahan MP berdasarkan bentuk dan warna di IPAM KP III.

Bentuk	Warna	Air Baku	Air Produksi
		(partikel/L)	(partikel/L)
Serat	Hijau	1,6	0,2
	Hitam/ abu-abu	29	3,4
	Biru	13,8	4,2
	Merah	4,8	2
	Kuning/ coklat	2	0,6
	<i>Transparant</i>	-	0,2
Fragmen	Hijau	0,2	-
	Hitam/ abu-abu	0,2	0,2
	Biru	0,2	-
	Merah	-	0,8
	Kuning	-	0,8

Bentuk	Warna	Air Baku	Air Produksi
		(partikel/L)	(partikel/L)
	<i>Transparant</i>	2,4	0,2
Pelet	Hijau	0,2	-
	Biru	-	0,2
Film	Kuning	-	0,2

Berdasarkan data pada Tabel 4.5 dan Tabel 2.1 maka kemungkinan jenis MP yang terdapat pada IPAM KP III yaitu *Polyester* (PES), *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), dan *Polystyrene* (PS). Menurut Lusher *et al.* (2017), jenis plastik PS berasal dari pelampung yang digunakan untuk menangkap ikan, sedangkan plastik PP dan PET berasal dari jaring dan tali untuk menangkap ikan. Menurut Haan *et al.* (2019), plastik jenis PP dan PS biasanya digunakan sebagai pengemas makanan serta minuman. Menurut Falco *et al.* (2019), serat PES berasal dari serat pakaian yang terlepas karena proses pencucian. Berdasarkan pada Tabel 4.5 terdapat perbedaan bentuk dan warna MP di air baku dan air produksi seperti fragmen merah, fragmen kuning, pelet biru, dan film kuning. Hal ini dikarenakan pengambilan sampel dilakukan tidak berdasarkan waktu tinggal air disetiap unit, sehingga terdapat perbedaan bentuk dan warna MP di IPAM KP III.

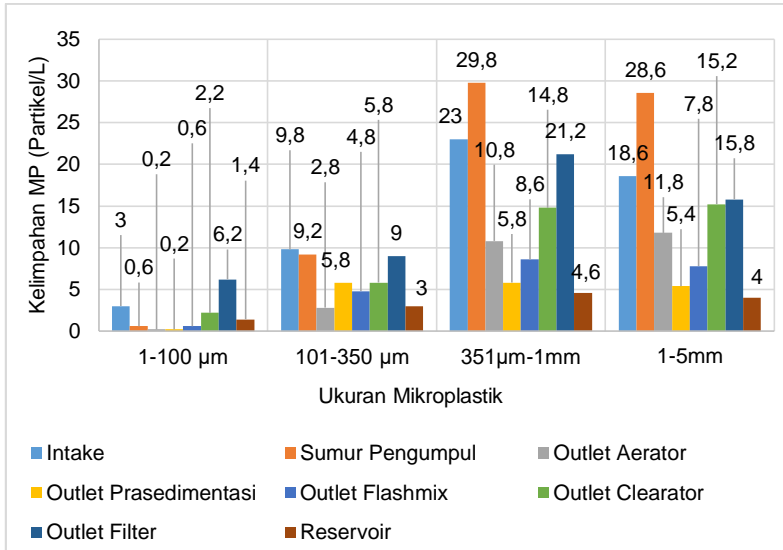
4.3 Efisiensi Penyisihan MP di Setiap Unit IPAM KP III

Unit operasi IPAM KP III terdiri dari unit *intake*, sumur pengumpul, unit aerator, unit prasedimentasi, unit *flashmix*, unit *clearator*, unit filtrasi, dan unit desinfeksi (Paitaha dan Sholihah, 2019). Masing-masing unit operasi memiliki kriteria desain yang berbeda. Perbedaan kriteria desain unit operasi tersebut menyebabkan perbedaan efisiensi penyisihan MP maupun parameter lainnya. Kelimpahan MP pada unit operasi IPAM KP III terdapat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Kelimpahan MP pada unit operasi IPAM KP III

Unit Operasi	Kelimpahan MP IPAM KP III (Partikel/L)	Kekeruhan (NTU)
Unit Intake	54,4	177
Unit Sumur Pengumpul	68,2	170
Outlet Aerator	25,8	95,7
Outlet Prasedimentasi	17,2	144
Outlet Flashmix	21,8	78,3
Outlet Clearator	38	0,87
Outlet Filtrasi	52,2	0,44
Unit Reservoir	13	0,51

Berdasarkan data pada Tabel 4.6 kelimpahan MP mengalami fluktuasi setiap pergantian unit operasi IPAM. Hal ini dikarenakan setiap unit memiliki kekeruhan, debit, dan kriteria desain yang beda-beda sehingga mengalami proses yang berbeda. Menurut Skaf *et al.* (2020) kelimpahan MP dapat terbaca sebagai kekeruhan (NTU) dan absorpsi pada air. Namun pada Tabel 4.6 menunjukkan dengan kelimpahan MP yang cenderung sama memiliki nilai kekeruhan yang berbeda. Hal ini dikarenakan selain MP, kekeruhan juga dipengaruhi oleh alga, *sediment*, partikel diskrit, serta partikel koloid lainnya. Jika ditinjau berdasarkan ukuran, MP juga mengalami fluktuasi (Gambar 4.5 dan Lampiran 4).

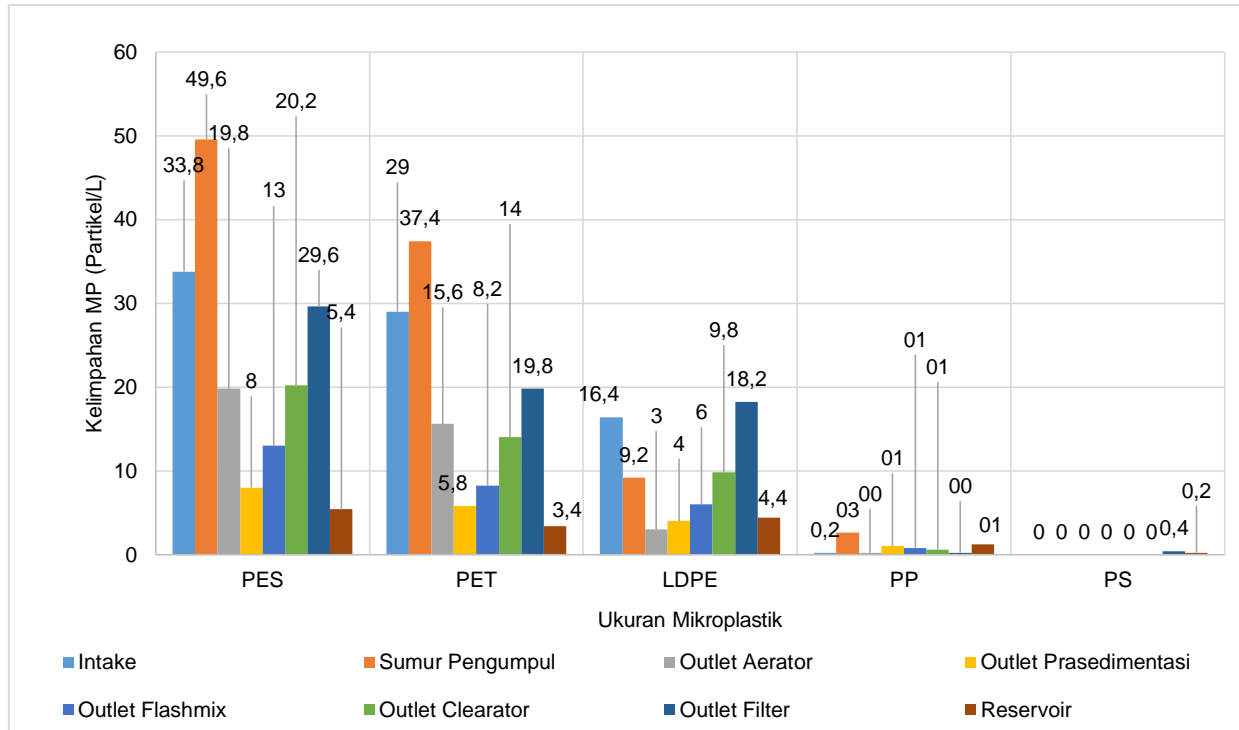


Gambar 4.5 Kelimpahan MP berdasarkan ukuran setiap unit operasi di IPAM KP III

Pada Gambar 4.5 menunjukkan kelimpahan MP berukuran 1 – 100 µm mengalami peningkatan sejak melewati unit *flashmix*. Kelimpahan MP berukuran 101 – 350 µm meningkat setelah unit prasedimentasi, kemudian menurun setelah melewati unit *flashmix*, dan meningkat kembali setelah unit *clearator* hingga filtrasi. Sedangkan kelimpahan MP berukuran 351 µm – 1 mm, dan 1 – 5 mm mengalami peningkatan di sumur pengumpul, kemudian mengalami penurunan hingga melewati unit prasedimentasi dan meningkat kembali setelah melewati unit *flashmix* hingga filtrasi. Fluktuasi kelimpahan MP disebabkan oleh proses degradasi MP baik degradasi secara fisik maupun kimia. Selain itu, peningkatan kelimpahan MP juga dapat disebabkan oleh akumulasi mesoplastik atau MP yang mengendap pada unit operasi. Jika ditinjau berdasarkan karakteristik bentuk dan warna maka terdapat pada Tabel 4.7. Apabila dibandingkan Tabel 4.7 dengan Tabel 2.1 maka dapat diketahui persebaran jenis MP di setiap unit IPAM KP III pada Gambar 4.6 dan kelimpahannya terdapat pada Lampiran 5.

Tabel 4.7 Kelimpahan MP berdasarkan bentuk dan warna setiap unit operasi di IPAM KP III (partikel/L).

Bentuk	Warna	Intake	Sumur pengumpul	Outlet aerator	Outlet prasedimentasi	Outlet flashmix	Outlet clearator	Outlet filter	Reservoir
Serat	Hijau	1,6	1,2	2,2	0,6	0,4	4,2	1,6	0,2
	Hitam	29	37,4	15,6	5,8	8,2	14	19,8	3,4
	Biru	13,8	6,8	2	2,2	3	9,2	17,2	4,2
	Merah	4,8	12,2	4,2	2,2	4,8	6,2	9,8	2
	Kuning	2	5,6	0,6	1,8	1,2	2,6	1,2	0,6
	Transparent	-	1,2	0,2	0,6	0,2	-	-	0,2
Fragmen	Hijau	0,2	-	-	-	0,2	0,2	0,2	-
	Hitam	0,2	1,2	-	0,4	0,4	0,4	-	0,2
	Biru	0,2	0,2	0,2	0,6	0,4	-	1	-
	Merah	-	0,2	-	-	-	-	0,2	0,8
	Kuning	-	-	-	1,8	-	0,2	0,8	0,8
	Transparent	2,4	2,2	0,8	1,2	2,6	0,6	-	0,2
Pelet	Hijau	0,2	-	-	-	-	0,2	-	-
	Hitam	-	-	-	-	0,2	-	-	-
	Biru	-	-	-	-	-	-	-	0,2
Film	Kuning	-	-	-	-	-	-	0,4	0,2



Gambar 4.6 Kelimpahan MP berdasarkan jenis MP setiap unit operasi di IPAM KP III

Berdasarkan data pada Gambar 4.6 jenis MP yang terdapat pada IPAM KP III yaitu PES, PET, LDPE, PP, dan PS. Dimana jenis plastik didominasi oleh PET dan PES. Sebagaimana karakteristik ukuran, berdasarkan jenisnya kelimpahan MP juga mengalami fluktuasi. Studi literatur jenis MP tersebut perlu dikonfirmasi dengan menggunakan analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Hal tersebut karena bentuk dan warna MP yang sama dapat memiliki jenis MP yang berbeda dan sebaliknya. Selain itu, terdapat bentuk dan warna MP yang tidak ada pada kajian pustaka sehingga terdapat bentuk dan warna MP yang tidak diketahui jenisnya. Adapun proses yang terjadi pada masing-masing unit operasi dijabarkan pada sub bab berikut.

4.3.1 Kelimpahan MP di Unit Aerator

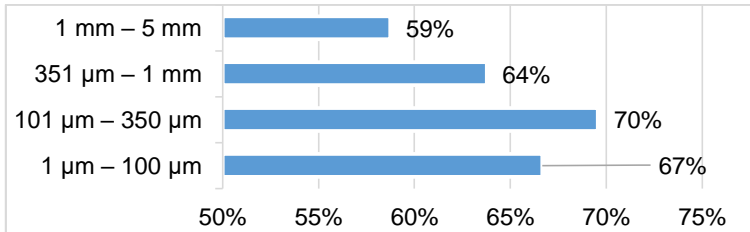
Unit aerator pada IPAM KP III merupakan aerasi jenis *cascade* aerator. Berdasarkan pada Tabel 4.6 dapat dihitung efisiensi penyisihan MP pada unit aerator, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{(\text{MP masuk unit} - \text{MP keluar unit})}{\text{MP masuk unit}} \times 100\% \\ &= \frac{(68,2 - 25,8)}{68,2} \times 100\% \\ &= 62,17\% \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Ukuran MP pada unit aerator di IPAM KP III.

Ukuran	Inlet Aerator		Outlet Aerator	
	(partikel/L)	%	(partikel/L)	%
1 µm – 100 µm	0,6	0,9	0,2	0,8
101 µm – 350 µm	9,2	13,5	2,8	10,9
351 µm – 1 mm	29,8	43,7	10,8	42,2
1 mm – 5 mm	28,6	41,9	11,8	46,1

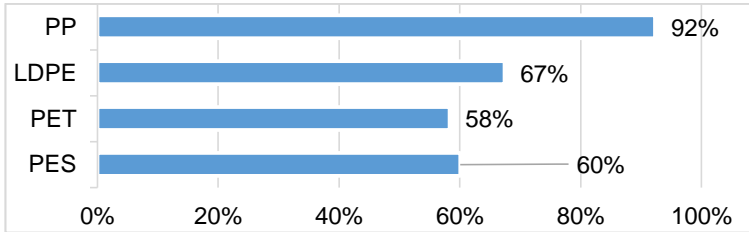
Berdasarkan data pada Tabel 4.8 ukuran MP didominasi oleh MP berukuran 351 µm – 1 mm dan 1 mm – 5 mm. Efisiensi penyisihan MP berdasarkan ukuran dapat dihitung dengan persamaan 1 seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Efisiensi penyisihan MP total pada aerator berdasarkan ukuran

Pada unit aerator memiliki efisiensi penyisihan 62,17%. Sedangkan berdasarkan ukurannya, unit aerator dapat mengurangi MP dengan ukuran 101 µm – 351 µm sebesar 70%. Pada unit aerator memiliki debit dan kecepatan yang paling besar karena air dialirkan menggunakan pompa dan terjadi kontak dengan *cascade* aerator. Hal itulah yang menyebabkan MP mengalami degradasi secara fisik, yaitu dipengaruhi oleh gesekan MP dengan air serta permukaan pada unit *cascade* aerator.

Jika ditinjau berdasarkan bentuk dan warna MP seperti pada Tabel 4.7 maka dapat dilihat MP berbentuk serat hijau seolah-olah mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan air dari unit sumur pengumpul merupakan sumber air dari 3 IPAM, yaitu IPAM KP I, II, dan III sehingga kemungkinan MP yang terdapat pada unit sumur pengumpul (*inlet* aerator) berbeda dengan *outlet* aerator. Selain itu, air dari sumur pengumpul terbagi menjadi dua unit aerator, namun pengambilan sampel hanya dilakukan di satu unit aerator. Hal ini juga memungkinkan adanya perbedaan jenis MP pada *inlet* dan *outlet* aerator. Berdasarkan data pada Gambar 4.6 dapat diketahui jenis MP yang terdapat pada *inlet* dan *outlet* aerator sama, yaitu: PES, PET, LDPE, dan PP. Dimana setiap jenis MP tersebut mengalami penurunan. Efisiensi penyisihan MP berdasarkan jenisnya terdapat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Efisiensi penyisihan MP total pada aerator berdasarkan jenisnya.

Berdasarkan Gambar 4.8 efisiensi penyisihan MP dari yang tertinggi yaitu jenis PP, LDPE, PES, dan PET. Hal ini sebanding dengan *specific gravity* (*sg*) MP tersebut. Dimana PP memiliki *sg* yang paling rendah yaitu 0,88 – 1,23 diikuti oleh LDPE (0,92 – 0,94), PES (1,38), dan PET (1,3 – 1,5). Hal ini berarti MP dengan *sg* lebih mudah teremoval pada unit aerator.

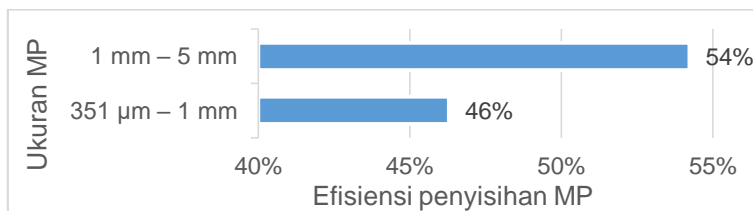
4.3.2 Kelimpahan MP di Unit Prasedimentasi

Bak prasedimentasi merupakan salah satu unit *pretreatment*. Dimana unit prasedimentasi berfungsi untuk mengendapkan partikel diskrit pada air baku seperti kerikil, pasir, dan partikel yang cukup kasar tanpa penambahan bahan kimia (Paitaha dan Sholihah, 2019). Berdasarkan pada Tabel 4.6 dapat dihitung efisiensi penyisihan MP pada unit prasedimentasi, yaitu:

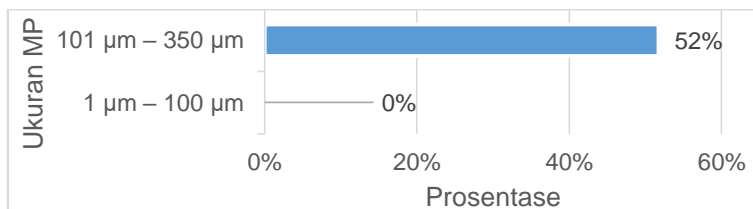
$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= \frac{(\text{MP masuk unit} - \text{MP keluar unit})}{\text{MP masuk unit}} \times 100\% \\
 &= \frac{(25,8 - 17,2)}{25,8} \times 100\% \\
 &= 33,33\%
 \end{aligned}$$

Menurut Sun *et al.* (2019), *preliminary treatment* dan memiliki efisiensi penyisihan MP sebesar 35% – 59%, sedangkan *primary treatment* memiliki efisiensi penyisihan 50% – 98% (IPAL di Negara Cina). Menurut Hidayaturrahman dan Lee (2019), *primary treatment* pada IPAL di Negara Korea memiliki efisiensi penyisihan 56,8% – 64,4%. Hal ini berarti unit prasedimentasi IPAM KP III memiliki efisiensi penyisihan MP seperti di Negara Cina. Berdasarkan data pada Gambar 4.5 dapat dihitung efisiensi

penyisihan MP dan prosentase peningkatan kelimpahan MP dengan menggunakan persamaan 1 seperti pada Gambar 4.9 – 4.10.



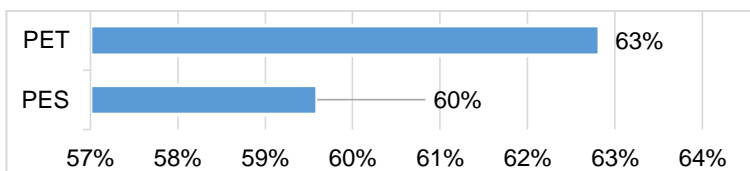
Gambar 4.9 Efisiensi penyisihan MP total pada unit prasedimentasi berdasarkan ukuran.



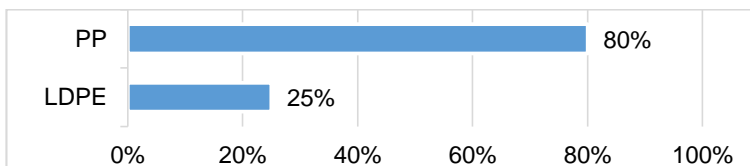
Gambar 4.10 Peningkatan kelimpahan MP pada unit prasedimentasi berdasarkan ukuran.

Unit prasedimentasi memiliki efisiensi penyisihan yang cukup rendah karena pengendapan dilakukan secara gravitasi dan perbedaan massa jenis. Berdasarkan data pada Gambar 4.9 menunjukkan efisiensi penyisihan MP terjadi pada MP berukuran 1 mm – 5 mm sebesar 54% dan 351 µm – 1 mm sebesar 46%. Sedangkan pada Gambar 4.10 menunjukkan MP berukuran 101 µm – 350 µm mengalami peningkatan MP sebesar 52%. Hal ini berarti MP berukuran 351 µm – 5 mm beberapa mengalami pengendapan dan sebagian lagi mengalami fragmentasi ukuran menjadi 1 µm – 350 µm. Fragmentasi pada unit prasedimentasi terjadi karena gesekan antara partikel diskrit atau lainnya yang disebabkan oleh kecepatan aliran pada unit prasedimentasi (Song *et al.*, 2017).

Jika kelimpahan MP ditinjau berdasarkan bentuk dan warnanya (Tabel 4.7) maka seolah-olah terdapat penambahan MP berbentuk serat biru, serat kuning, serat transparan, dan semua jenis fragmen. Hal ini dikarenakan pengambilan sampel dilakukan tidak sesuai dengan waktu tinggal air di unit prasedimentasi, sehingga kemungkinan MP pada *inlet* dan *outlet* prasedimentasi berbeda. Berdasarkan data pada Gambar 4.6 maka dapat diketahui jenis MP yang terdapat pada *inlet* dan *outlet* prasedimentasi sama, yaitu: PES, PET, PP, dan LDPE. Dimana kelimpahan PET dan PES mengalami penurunan, sedangkan PP dan LDPE mengalami peningkatan. Efisiensi penyisihan MP dan peningkatan berdasarkan jenisnya terdapat pada Gambar 4.11 – 4.12.



Gambar 4.11 Efisiensi penyisihan MP total pada unit prasedimentasi berdasarkan jenisnya.



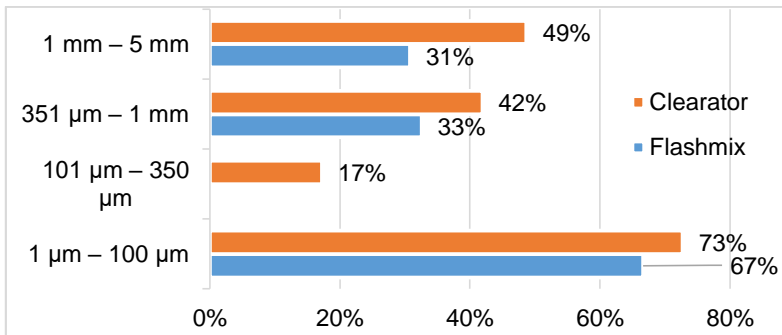
Gambar 4.12 Peningkatan kelimpahan MP pada unit prasedimentasi berdasarkan jenis.

Berdasarkan Gambar 4.11 MP di unit prasedimentasi jenis PET memiliki efisiensi lebih tinggi (63%) dibandingkan dengan PES (60%). Hal ini dikarenakan PET (1,3 – 1,5) di unit prasedimentasi memiliki spesifik gravity lebih rendah dibandingkan dengan PES (1,38) sehingga plastik PET lebih mudah tersisihkan. Sedangkan peningkatan MP pada unit ini disebabkan oleh proses fragmentasi ukuran, sehingga jumlahnya meningkat.

4.3.3 Kelimpahan MP di Unit *Flashmix*, *Slowmix*, dan Sedimentasi (*Clearator*)

Proses *flashmix*, *slowmix*, dan *sedimentation* merupakan kesatuan proses yang tidak dapat dipisahkan. Rangkaian proses tersebut adalah salah satu proses pengolahan kedua (*secondary treatment*). Pada IPAM KP III menggunakan *aluminium sulfat* (Al_2SO_4) atau tawas sebagai koagulan serta menggunakan pengadukan cepat jenis hidrolis.

Pada unit *flashmix*, unit *clearator* jumlah MP meningkat dari 17,2 partikel/L menjadi 21,8 partikel/L dan 38 partikel/L (Tabel 4.6). Berdasarkan ukurannya prosentase peningkatan pada unit *flashmix* dan *clearator* terdapat pada Gambar 4.13.

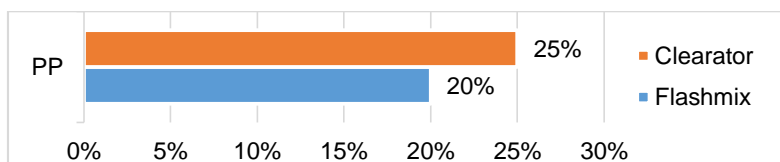


Gambar 4.13 Peningkatan kelimpahan MP pada unit *flashmix* dan unit *clearator* berdasarkan ukuran.

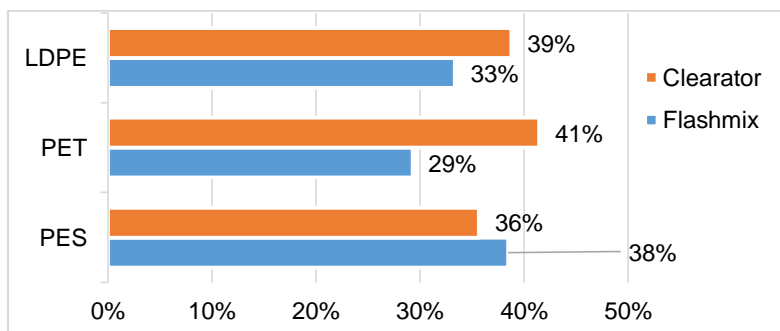
Berdasarkan data pada Gambar 4.13 setiap rentang ukuran pada unit *clearator* mengalami peningkatan, sedangkan pada unit *flashmix* MP yang mengalami peningkatan yaitu 1 mm – 5 mm, 351 µm – 1 mm, dan 1 µm – 100 µm. Peningkatan MP pada unit *flashmix* disebabkan oleh fragmentasi antara partikel koagulan, pasir, dan lainnya. Gesekan MP terhadap pasir terjadi dari unit prasedimentasi, dimana gesekan tersebut menyebabkan fragmentasi pada permukaan MP (Andrady, 2011). Oleh karena itu, jika terjadi gesekan kembali dengan partikel lain maka MP akan mudah terjadi fragmentasi sehingga jumlah MP mengalami peningkatan. Selain itu, aliran turbulen pada unit *flashmix* juga dapat meningkatkan gesekan antar partikel sehingga potensi

fragmentasi MP semakin tinggi. Pada unit *clearator* terdapat *tube settler* yang terbuat dari PVC. Dimana PVC dapat mengalami fragmentasi, sehingga terjadi peningkatan MP unit *clearator*. Selain itu, peningkatan MP pada unit *clearator* diduga disebabkan oleh proses akumulasi mesoplastik maupun MP di endapan yang tertahan pada *tube settler* dan mengalami penggerusan.

Berdasarkan data pada Gambar 4.6 maka dapat diketahui jenis MP pada *inlet flashmix*, *outlet flashmix*, *outlet clearator* sama, yaitu: PES, PET, PP, dan LDPE. Akan tetapi bentuk dan warna MP yang terdapat pada *inlet flashmix*, *outlet flashmix*, *outlet clearator* berbeda (Tabel 4.7). Pada unit *flashmix* dan *clearator* kelimpahan MP jenis PP mengalami penurunan (Gambar 4.14), sedangkan jenis LDPE, PET, PES mengalami peningkatan (Gambar 4.15).



Gambar 4.14 Efisiensi penyisihan kelimpahan MP pada unit *flashmix* dan unit *clearator* berdasarkan jenis.



Gambar 4.15 Peningkatan kelimpahan MP pada unit *flashmix* dan unit *clearator* berdasarkan jenis.

Menurut Skaf *et al.* (2020), penambahan koagulan yang disertai pengadukan cepat dan lambat (*flashmix* dan *slowmix*) dapat

membentuk gumpalan (flok) pada serat PES dan *polyethylene* (PE) di permukaan air. Gumpalan tersebut kemudian akan mengendap dalam waktu 1 – 2 jam (Skaf *et al.*, 2020). Hal ini dikarenakan penambahan koagulan (tawas) pada dosis yang tepat dapat menurunkan nilai zeta potensial dan meningkatkan pH sehingga dapat terjadi proses koagulasi (Skaf *et al.*, 2020). Menurut Ma *et al.* (2019), penambahan koagulan $AlCl_3$ pada partikel PE yang berukuran kecil (kurang dari 5 mm) lebih mudah terbentuk flok dan mengendap. Pada Gambar 4.14 kelimpahan PP mengalami penurunan sebesar 20% di unit *flashmix* dan 25% di unit *clearator*. Berdasarkan data pada Gambar 4.15 kelimpahan LDPE, PET, dan PES mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan selisih waktu pengambilan sampel di *outlet flashmix* dan *outlet clearator* hanya sekitar 15 menit, sedangkan waktu pengendapan memerlukan waktu 1 – 2 jam. Hal ini berarti plastik LDPE, PET, dan PES masih mengalami proses koagulasi-flokulasi sehingga terjadi akumulasi MP pada unit *flashmix* dan *clearator*.

4.3.4 Kelimpahan MP di Unit Filtrasi

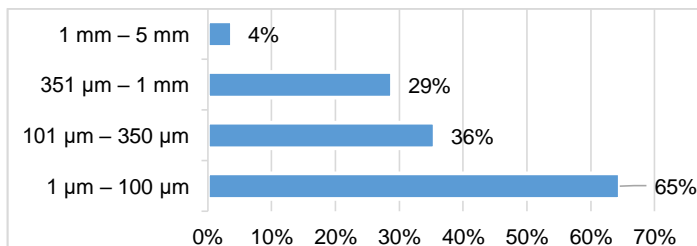
Pada unit filtrasi IPAM KP III menggunakan dua media, yaitu pasir silika dan antrasit (Paitaha dan Sholihah, 2019). Kelimpahan MP pada *inlet* filtrasi (*outlet clearator*) lebih kecil daripada *outlet* filtrasi (Tabel 4.6).

Tabel 4.9 Ukuran MP pada unit filtrasi di IPAM KP III.

Ukuran	Inlet filtrasi		Outlet filtrasi	
	(partikel/L)	%	(partikel/L)	%
1 μm – 100 μm	2,2	5,8	6,2	12,0
101 μm – 350 μm	5,8	15,3	9	17,4
351 μm – 1 mm	14,8	38,9	20,8	40,2
1 mm – 5 mm	15,2	40,0	15,8	30,5

Dari data pada Tabel 4.9 MP di *inlet* filtrasi didominasi oleh MP dengan ukuran 1 mm – 5 mm (40%), sedangkan di *outlet* filtrasi ukuran MP yang mendominasi yaitu 351 μm – 1 mm (40,2%). Hal ini berarti MP mengalami fragmentasi yang cukup besar dikarenakan MP bergesekan dengan media filter berupa pasir silika dan antrasit. Selain itu, akumulasi fragmentasi dari unit-unit

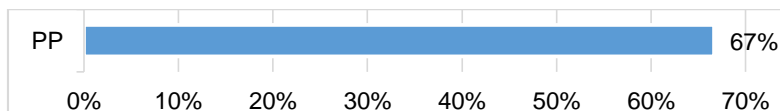
sebelumnya (prasedimentasi, *flasmix*, dan *clearator*) menyebabkan MP lebih mudah terfragmentasi menjadi ukuran yang lebih kecil. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.9 dimana MP dari berbagai rentang ukuran mengalami peningkatan. Prosentase peningkatan MP berdasarkan ukuran dapat dilihat pada Gambar 4.16.



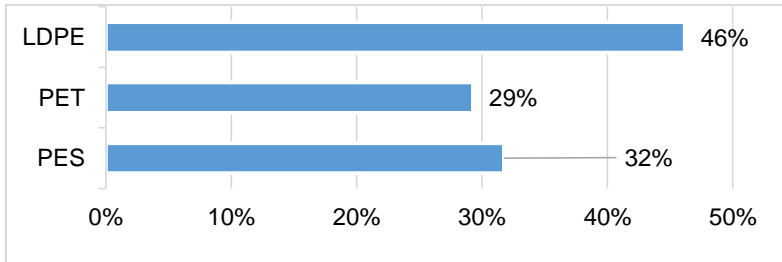
Gambar 4.16 Peningkatan kelimpahan MP pada unit filtrasi berdasarkan ukuran

Berdasarkan data pada Gambar 4.16 prosentase peningkatan ukuran MP dari yang tertinggi yaitu 1 µm – 100 µm (65%), 101 µm – 350 µm (36%), 351 µm – 1 mm (29%), dan 1 mm – 5 mm (4%). Bertambahnya MP berukuran 1 – 5 mm diduga terjadi akumulasi partikel mesoplastik yang tertahan di media filter dalam rentang waktu yang lama, sehingga mengalami fragmentasi menjadi MP dan dapat melewati media filter. Sedangkan MP berukuran 1 µm – 1 mm berasal dari fragmentasi MP yang berukuran lebih besar.

Berdasarkan data pada Gambar 4.6 maka dapat diketahui jenis MP pada *inlet* filtrasi, yaitu: PET, PES, LDPE, dan PP. Sedangkan pada *outlet* filtrasi, yaitu: PET, PES, LDPE, PP, dan PS. Berdasarkan data pada Gambar 4.6 dapat dihitung efisiensi penyisihan MP dan peningkatan MP pada Gambar 4.17 – 4.18.



Gambar 4.17 Efisiensi penyisihan kelimpahan MP pada unit *filtrasi* berdasarkan jenis.



Gambar 4.18 Peningkatan kelimpahan MP pada unit *filtrasi* berdasarkan jenis.

Berdasarkan Gambar 4.17 – 4.18 dapat dilihat partikel MP yang mengalami penurunan hanya jenis PP sedangkan LDPE, PET, PES, dan PS mengalami peningkatan. Hal ini berarti MP jenis PP dapat tertahan di unit filtrasi. Sedangkan MP jenis LDPE, PET, PES, dan PS seolah-olah mengalami peningkatan dikarenakan selisih pengambil sampel di *inlet* dan *outlet* hanya sekitar 15 menit, sehingga kemungkinan sampel air di *inlet* dan *outlet* filtrasi berbeda.

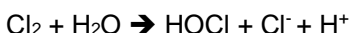
4.3.5 Kelimpahan MP di Unit Desinfeksi

Pada unit desinfeksi IPAM KP III menggunakan desinfektan berupa gas Cl₂. Berdasarkan data pada Tabel 4.6 dapat dihitung efisiensi penyisihan pada unit desinfeksi sebagai berikut:

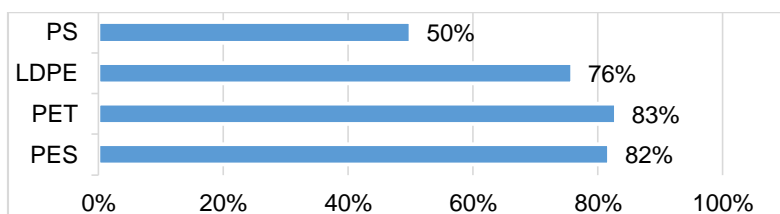
$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= \frac{(\text{MP masuk unit} - \text{MP keluar unit})}{\text{MP masuk unit}} \times 100\% \\
 &= \frac{(52,2 - 13)}{52,2} \times 100\% \\
 &= 75,1\%
 \end{aligned}$$

Penambahan desinfektan dapat membunuh mikroorganisme yang terdapat pada air IPAM (Schutte, 2006). Mikroorganisme dapat memproduksi enzim cutinase yang dapat memecah ikatan *polymer* pada plastik sehingga terjadi degradasi pada plastik (*biofragmentasi*) (Ferrario *et al.*, 2016; Montazer *et al.*, 2018). Hal ini berarti pada penambahan desinfektan menyebabkan proses

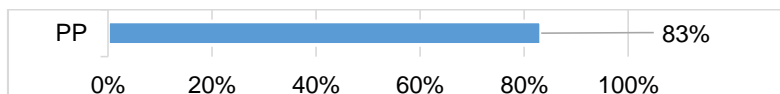
biofragmentasi terhenti. Selain itu, aliran air pada unit reservoir laminar menyebabkan MP mudah mengendap sehingga efisiensi penyisihan MP pada unit desinfeksi cukup tinggi yaitu sebesar 75,1%. Menurut Kelkar (2017), penambahan gas klorin tidak secara langsung berdampak dalam degradasi MP. Namun reaksi gas klorin dalam air menghasilkan asam hipoklorit dan anion klorida yang dapat mendegradasi MP. Adapun reaksi gas klorin dalam air adalah sebagai berikut:



Berdasarkan data pada Gambar 4.6 maka dapat diketahui jenis MP yang terdapat pada *inlet* desinfeksi (*outlet* filtrasi) dan unit reservoir sama, yaitu: PES, PET, PS, LDPE, dan PP.



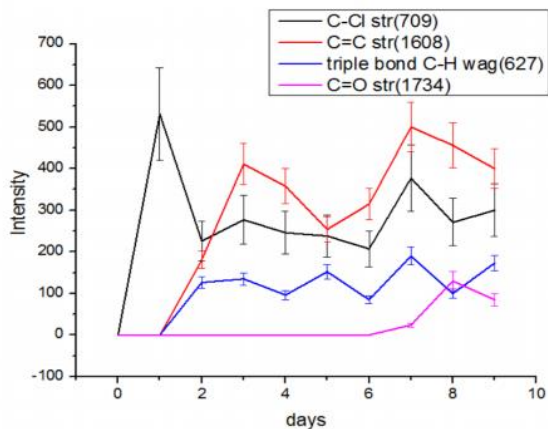
Gambar 4.19 Efisiensi penyisihan kelimpahan MP pada unit desinfeksi berdasarkan jenis.



Gambar 4.20 Peningkatan kelimpahan MP pada unit desinfeksi berdasarkan jenis.

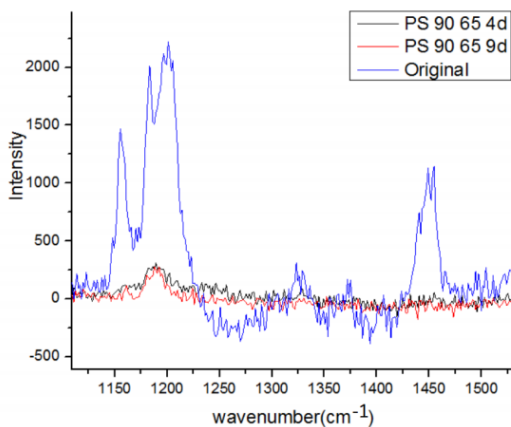
Berdasarkan data pada Gambar 4.19 – 4.20 MP jenis PS, LDPE, PET, dan PES mengalami penurunan, sedangkan MP jenis PP mengalami kenaikan. Menurut Kelkar (2017), penambahan gas klorin pada plastik PP dapat merusak rantai ikatan pada PP sehingga membentuk ikatan C = O dan C – Cl (Gambar 4.21). Selain itu, pemaparan gas klorin dengan intensitas tinggi juga

dapat mendegradasi PS yang terlihat pada pergeseran/ pemerataan puncak seperti pada Gambar 4.22.



Gambar 4.21. Plot intensitas puncak baru PP pada konsentrasi klorin 90 mg / L

Sumber: Kelker (2017)



Gambar 4.22. Spektrum Raman dari PS yang diinkubasi dalam larutan klorin 90 mg / L menunjukkan penurunan intensitas puncak.

Sumber: Kelker (2017)

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut:

1. Kelimpahan MP pada IPAM KP III di air baku adalah 54,4 partikel/L dan di air produksi adalah 13 partikel/L. Bentuk MP yang terdapat pada IPAM yaitu serat, *film*, *fragment*, dan *pellet* yang didominasi oleh serat (94,1% di air baku dan 81,5% di air produksi). Sedangkan ukuran MP didominasi oleh MP berukuran 351 – 1000 μm . Warna MP didominasi oleh hitam pada air baku dan biru pada air produksi. Jenis MP yang berada di IPAM KP III, yaitu: PES, PET, PS, LDPE, dan PP.
2. Efisiensi penyisihan MP pada IPAM KP III secara keseluruhan yaitu 76,1%. Sedangkan efisiensi penyisihan pada unit aerator (62,17%), unit prasedimentasi (33,33%), dan unit desinfeksi (75,1%).

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya, sebagai berikut:

1. Melakukan penelitian kelimpahan dan karakteristik mesoplastik dan mikroplastik pada IPAM lainnya di Indonesia yang memiliki sumber air baku air permukaan.
2. Menambahkan jumlah sampel dengan lebih dari dua kali pengulangan di waktu yang sama, melakukan seri waktu pada saat *sampling*, serta pengambilan sampel pada dua musim (musim hujan dan musim kemarau).
3. Melakukan pengambilan sampel sesuai dengan waktu tinggal air di setiap unit.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR PUSTAKA

- Andrady, A. L. 2011. Microplastic in The Marine Environment. "Marine Pollution Bulletin" 62: 1596 – 1605.
- Anjar, R. B. R. 2015. "Evaluasi Efisiensi Kinerja Unit Clearator di Instalasi PDAM Ngagel I Surabaya". Skripsi. Surabaya. ITS.
- Anonim. 2018. "Drinking Water 2017: Summary of the Chief Inspector's Report for Drinking Water". London: Drinking Water Inspectorate.
- Ariskha, P. T. 2019. "Studi Kandungan *Micro Debris* Pada Sistem Distribusi Air Minum di Surabaya Timur". Skripsi. Surabaya. ITS.
- Ariza-Tarazona, M. C., Villarreal-Chiu, J. F., Hernandez-Lopez, J. M., Rosa, J. R. D. L., Barbieri, V., Siligardi, C., dan Cedillo-Gonzalez, E. I. 2020. Microplastic Pollution Reduction by A Carbon And Nitrogen-doped TiO₂: Effect of pH And Temperature in The Photocatalytic Degradation Process. "Journal of Hazardous Materials" 395: 122632.
- Barboza, L. G. A., Vethaak, A. D., Lavorante, B. R. B. O., Lundebyef, A. N., dan Guilhermino, L. 2018. Marine Microplastic Debris: An Emerging Issue for Food Security, Food Safety and Human Health. "Marine Pollution Bulletin" 133: 336 – 348.
- Bartram, J. dan Balance, R. 1996. "Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes". UNEP dan WHO.
- Bilotta, G. S. dan Brazier, R. E. 2008. Understanding The Influence of Suspended Solids on Water Quality And Aquatic Biota. "Water Research" 42: 2849-2861.
- Blanc, P. dan Schadler, B. 2014. "Water in Switzerland – an Overview". Bern: Swiss Hydrological Commission.
- Crawford, C. B. dan Quinn, B. 2017. "Microplastic Pollutants" Amsterdam: Elsevier.
- Dewi, I. S., Budiarsa, A. A., dan Ritonga, I. R. 2015. Distribusi Mikroplastik Pada Sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. "Jurnal Ilmu Ilmu Perairan, Pesisir, dan Perikanan" 4 (3): 121 – 131.

- Dinelli, E., Lima, A., Albanese, S., Birke, M., Cicchella, D., Giaccio, L., Valera, P., dan Vivo, B. D. 2012. Major and Trace Elements in Tap Water from Italy. "Journal of Geochemical Exploration" 112: 54 – 75.
- Falco, F. D., Pace, E. D., Cocca, M., dan Avella, M. 2019. The Contribution of Washing Processes of Synthetic Clothes to Microplastic Pollution. "Scientific Reports" 9 (6633): 1 – 11.
- Ferrario, V., Pellis, A., Cespugli, M., Guebitz, G. M., dan Gardossi, L. 2016. Nature Inspired Solutions for Polymers: Will Cutinase Enzymes Make Polyesters and Polyamides Greener? "Catalysts" 205: 1 – 16.
- Firdaus, M., Trihadiningrum, Y., dan Lestari, P. 2019. Microplastic Pollution in the Sediment of Jagir Estuary, Surabaya City, Indonesia. "Marine Pollution Bulletin" 150: 1 – 9.
- Frias, J. P. G. L. dan Nash R. 2019. Microplastics: Finding a Consensus on the Definition. "Marine Pollution Bulletin" 138: 145 – 147.
- Haan, W. P. D., Sanchez-Vidal, A. S., dan Canals, M. 2019. Floating Microplastics And Aggregate Formation In The Western Mediterranean Sea. "Marine Pollution Bulletin" 140: 523 – 535.
- Haidar. 2009. Diagram Proses/ Aliran Instalasi Penjernihan Air minum Karangpilang III. As Building IPAM Karangpilang III.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., dan Thiel, M. 2012. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used For Identification and Quantification. "Science & Technology" 46 (30): 60 – 75.
- Hidayaturrehman, H. dan Lee, T. 2019. A Study on Characteristics of Microplastic in Wastewater of South Korea: Identification, Quantification, and Fate of Microplastics During Treatment Process. "Marine Pollution Bulletin" 146: 696 – 702.
- Kelkar, V. 2017. Analysis of Chlorination and UV Effects on Microplastics Using Raman Spectroscopy. Thesis. Arizona State University.
- Kosuth, M., Mason, S. A., dan Wattenberg, E. V. 2018. Anthropogenic Contamination of Tap Water, Beer, and Sea Salt. "Plos One" 13(4): e0194970.
- Lestari, P., Trihadiningrum, Y., Wijaya, B. A., Yunus, K. A., dan Firdaus, M. 2020. Distribution of Microplastics in Surabaya

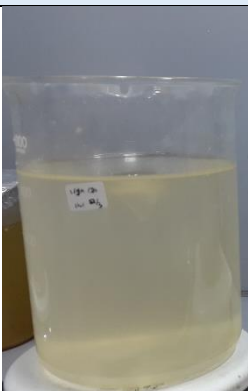
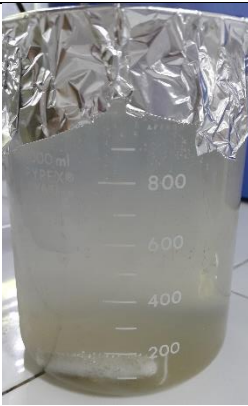

- River, Indonesia. "Science of the Total Environment" 726: 238560.
- Liebezeit, G. dan Dubaish, F. 2012. Microplastics in Beaches of The East Frisian Island Spiekeroog and Kachelotplate. "Bull Environ Contam Toxicol" 89: 213 – 217.
- Lusher, A. L., Hollman, P. C. H., dan Mendoza-Hill, J. J. 2017. Microplastics in Fisheries and Aquaculture: Status of Knowledge on Their Occurrence and Implications for Aquatic Organisms and Food Safety. "FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper" No. 615. Roma: Itali.
- Ma, B., Xue, W., Hu, C., Liu, H., Qu, J., dan Li, L. 2019. Characteristics of Microplastic Removal Via Coagulation and Ultrafiltration During Drinking Water Treatment. "Chemical Engineering Journal" 359: 159-167.
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., dan Arthur, C. 2015. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48.
- Mintenig, S. M., Löder, G. J., Primpke, S., dan Gerdt, G. 2019. Low Numbers of Microplastics Detected in Drinking Water from Ground Water Sources. "Science of the Total Environment" 648: 631 – 635.
- Montazer, Z., Habibi-Najafi, M. B., Mohebbi, M., dan Oromiehei, A. 2018. Microbial Degradation of UV-Pretreated Low-Density Polyethylene Film by Novel Polyethylene-Degrading Bacteria Isolated from Plastic-Dump Soil. "Journal of Polymers And The Environment" 26: 3613 – 3625.
- Oehlmann, J. R., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsch, O., Lutz, I., Kusk, K. O., Wollenberger, L., Santos, E. M., Paull, G. C., Look, K. J. W. V., dan Tyler, C. R. 2009. "A. A Critical Analysis of the Biological Impacts of Plasticizer on Wildlife". London. Philos Trans R Soc Bi Sci.
- Paitaha, E. E. S. dan Sholihah, M. 2019. "Operasional Dan Maintenance IPAM Karangpilang I, II, III Surabaya Dan Evaluasi Unit Aerator Dan Prasedimentasi IPAM Karangpilang I, II, III Surabaya". Laporan Kerja Praktik. Surabaya. ITS.


- PDAM Surya Sembada Surabaya. 2020. Laporan Harian Operator IPAM Karangpilang III. Surabaya.
- Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajthaml, T., dan Janda, V. 2018. Occurrence of Microplastics in Raw and Treated Drinking Water. "Science of the Total Environment" 648: 1644 – 1651.
- Pumar, E. S., Solo-Gabriele, H. dan Treaster, J. B. 2016. Perceptions of Water Quality in Cuba as Reported by Users: Preliminary Findings of the Cuba Water Project. "Association For The Study of The Cuban Economy Proceedings".
- Ritter, J. A. 2010. "Water Quality: Fourth Edition". USA: American Water Works Association.
- Roche, M. dan Page, D. 2017. "Focus on Private Water Supplies". Ireland: Environmental Protection Agency.
- Salveti, M. 2012. "Observatory on Public Water and Sanitation Services". France: Eaufrance.
- Schutte, F. 2006. "Handbook for The Operation of Water Treatment Works". Gezina: Water Research Commission.
- Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A., dan Ahmed, S. 2008. Biological Degradation of Plastics: A Comprehensive Review. "Biotechnology Advances 26" Page 246 – 265.
- Skaf, D. W., Punzi, V. L., Rolle, J. T., dan Kleinberg, K. A. 2020. Removal of Micron-Sized Microplastic Particles From Simulated Drinking Water Via Alum Coagulation. "Chemical Engineering Journal" 386: 123807.
- Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Jung, S. W., dan Shim, W. J. 2017. Combined Effects of UV Exposure Duration and Mechanical Abrasion on Microplastic Fragmentation by Polymer Type. "Environmental Science And Technology" 51: 4368 – 4376.
- Spellman, F. R. 2003. "Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations" Boca Raton: CRC Press LLC.
- Sun, J., Dai, X., Wang, Q., Loosdrecht, M. C. M. V., dan Ni, B. 2019. Microplastics in Wastewater Treatment Plants: Detection, Occurrence, and Removal. "Water Research" 152: 21 – 37.
- Vreeburg, J. H. G., Schippers, D., Venberk J. Q. J. C., dan Dijk, J. C. V. 2008. Impact of Particle on Sediment Accumulation In A Drinking Water Distribution System. "Water Research" 42: 4233 – 4242.

- Wang, Z., Lin, T., dan Chen, W. 2020. Occurrence and Removal of Microplastics in an Advanced Drinking Water Treatment Plant (ADWTP). "Science of the Total Environment" 700: 134520.
- Wibowo, Y. G., Maryani, A. T., Rosanti, D., dan Rosarina, D. 2019. Microplastic in Marine Environment and Its Impact. "Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam" 16 (1): 81 – 87.
- Widianarko dan Hantoro. 2018. Mikroplastik Dalam Seafood Dari Pantai Utara Jawa. Unika. Semarang. Soegijapranata. ISBN 978-602-6865-74-8.
- Wijaya, B. A. 2019. "Distribusi Meso- Dan Mikroplastik di Kali Surabaya Pada Segmen Driyorejo Hingga Karangpilang". Skripsi. Surabaya. ITS.
- Wright, S. L. dan Kelly, F. J. 2017. Plastic and human health: a micro issue? "Environmental Science Technology" 51 (12): 6634 – 6647.
- Yao, M., Nan, J., dan Chen, T. 2014. Effect of Particle Size Distribution on Turbidity Under Various Water Quality Levels During Flocculation Processes. "Desalination" 354: 116 – 124.
- Zbysze, M., Corcoran, P. L., dan Hockin, A. 2014. Comparison of The Distribution and Degradation Plastic Debris Along Shorelines of The Great Lakes, North America. "Journal of Great Lakes Research" 40: 288 – 299.



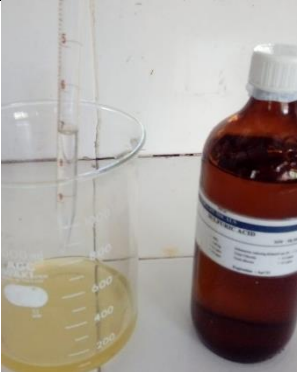
-Halaman ini sengaja dikosongkan-


Lampiran 1. Prosedur Oksidasi Sampel Air

No	Kegiatan	Gambar
1.	Memasukkan sampel 2,5L ke dalam 3 <i>beaker glass</i> 1L masing-masing 800mL, 800mL, dan 900mL	
2.	Menambahkan H ₂ O ₂ 30% ke dalam masing-masing beaker glass sebanyak 20mL.	
3.	Menambahkan Fe(II) ke dalam <i>beaker glass</i> sebanyak 20mL	

No	Kegiatan	Gambar
4.	Memasukkan <i>stirbar</i> ke dalam beaker glass dan dipanaskan hingga suhu 75° dengan menggunakan <i>hot magnetic stirrer</i> selama 30 menit	
5.	Mendiamkan sampel hingga endapan mengendap	



Lampiran 2. Prosedur Pembuatan Fe(II) 0,02M




No	Kegiatan	Gambar
1.	Menimbang $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 7,5 gram dan dimasukkan ke dalam labu pengencer.	
2.	Menambahkan akuades ke dalam labu pengencer 500mL kurang lebih 100mL	
3.	Menambahkan H_2SO_4 pekat sebanyak 3mL.	

No	Kegiatan	Gambar
4.	Menambahkan akuades hingga 500mL	

Lampiran 3. Dokumentasi Pengambilan Sampel

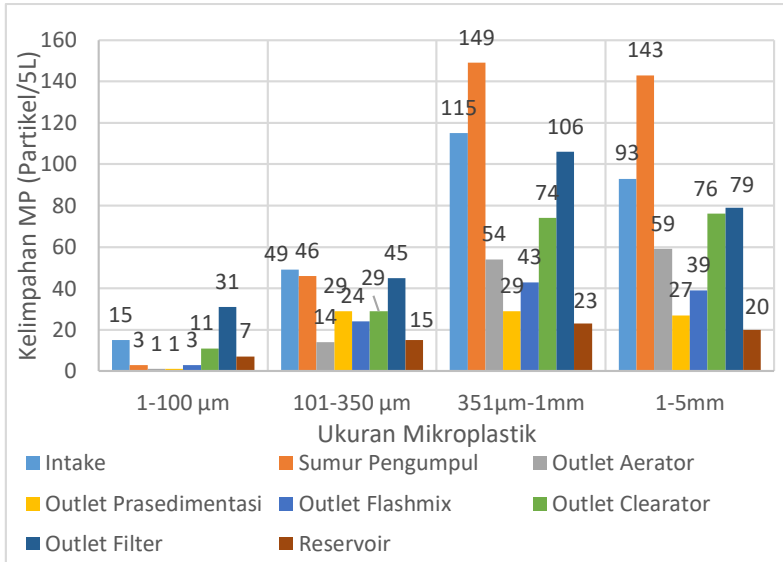
No	Titik Sampel	Gambar	
1.	Intake		
2.	Sumur pengumpul		

No	Titik Sampel	Gambar
3.	<i>Outlet aerator</i>	
4.	<i>Outlet prasediment asi</i>	

No	Titik Sampel	Gambar
5.	<i>Outlet flashmix</i>	
6.	<i>Outlet clearator</i>	
7.	Reservoir/ Air produksi	

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

Lampiran 4. Kelimpahan MP Berdasarkan Ukuran di IPAM KP III



-Halaman ini sengaja dikosongkan-

Lampiran 5. Kelimpahan MP Berdasarkan Jenis di IPAM KP III

Titik Sampling	Jenis MP				
	PES	PET	LDPE	PP	PS
Unit Intake	33,8	29	16,4	0,2	0
Unit Sumur Pengumpul	49,6	37,4	9,2	2,6	0
Outlet Aerator	19,8	15,6	3	0,2	0
Outlet Prasedimentasi	8	5,8	4	1	0
Outlet Flashmix	13	8,2	6	0,8	0
Outlet Clearator	20,2	14	9,8	0,6	0
Outlet Filtrasi	29,6	19,8	18,2	0,2	0,4
Unit Reservoir	5,4	3,4	4,4	1,2	0,2

BIOGRAFI PENULIS



Mar'atusholihah, penulis lahir di Kota Sidoarjo pada tanggal 7 September 1997 dan merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TKIT Insan Kamil Sidoarjo pada tahun 2002 dan Yahata Youchieng Kagoshima, japa pada tahun 2003, Kagoshima syogakko pada tahun 2004, SDIT Insan Kamil Sidoarjo pada tahun 2005-2010, SMPN 19 Surabaya pada tahun 2010-2013, SMAN 1 Surabaya pada tahun 2013-2016. Penulis menempuh pendidikan S1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan

Kebumihan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya angkatan 2016 dan terdaftar dengan NRP 0321164000067.

Selama masa kuliah, penulis pernah menjadi asisten laboratorium mata kuliah Kimia Lingkungan pada Tahun 2019. Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan kemahasiswaan yaitu menjadi Staff Pendidikan Anak Badan Pelayanan Umat (BPU) JMMI ITS, wakil biro fundrising dan media BPU JMMI ITS, *Streering Comite* Sambut Kenal Akrab Mahasiswa Baru 2017 (SALAM 2017) JMMI ITS, *Streering Comite* Ramadhan Di Kampus 1439H (RDK 39) JMMI ITS, Ketua Kemuslimahan Al-Kaun HMTL ITS 2019, dan wakil ketua Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan ITS tahun 2019. Penulis juga mengikuti berbagai lomba karya tulis ilmiah, dan menjadi Juara 1 dalam LKTI *Idea Challenge Eco Project* 2019 oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan ITB. Penulis juga berkesempatan untuk Kerja Praktik di IPAM Karangpilang Surabaya pada tahun 2019.

Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini serta memberikan kritik dan saran, penulis dapat dihubungi melalui *email*: sholihah16@mhs.enviro.its.ac.id.



**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Mar'atusholihah
NRP : 03211640000067
Judul : Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik Pada Instalasi Pengolahan Air Minum Karangpilang III Kota Surabaya

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	Kamis, 5 Desember 2020	Asistensi Proposal Tugas Akhir Bab 1 dan 2 ⇒ Tujuan tidak berhubungan dengan rumusan masalah ⇒ Tambahkan jurnal di latarbelakang	√
2	Selasa, 22 Desember 2020	Asistensi Proposal Tugas Akhir Bab 3	√
3	Kamis, 6 Februari 2020	Perbaiki Proposal Tugas Akhir dan fiksasi proposal ⇒ Penambahan keterangan mengenai FTIR	√
4	Sabtu, 28 Maret 2020	Keberlanjutan Penelitian saat pandemi Covid ⇒ Dilanjutkan penelitian di rumah dan diperkaya dengan studi literatur	√

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
5	Minggu, 29 Maret 2020	Metode Penelitian ⇒ Sampel yang di analisis satu pengulangan saja setiap unit	√
6	Sabtu, 5 April 2020	Perbaiki bab 1 (ruang lingkup)	√
7	Jum'at, 1 Mei 2020	Asistensi Bab IV Pembahasan, dan revisi tujuan. tujuan revisi: mengganti dari 2 IPAM menjadi satu IPAM yaitu IPAM KP III	√
8	Jum'at, 8 Mei 2020	Revisi bab IV mengenai cara penulisan data hasil penelitian.	√
9	19 Juni 2020	Asistensi saran dari dosen penguji saat seminar kemajuan	√
10	Kamis, 2 Juli 2020	Asistensi draft TA untuk ujian lisan	√
11	Rabu, 5 Agustus 2020	Asistensi jurnal POMITS dan revisi laporan TA	√
12	Kamis, 6 Agustus 2020	Asistensi draft final laporan TA	√

Surabaya, 7 Agustus 2020

Dosen Pembimbing

Yulinah Trihadiningrum M. App. Sc

Saran Perbaikan Ujian Lisan TA Genap 2019/2020

Lisan B3

Lab Pengelolaan Limbah Padat dan Limbah B3

Input NRP anda (tanpa spasi, format: 32xxxxxxxxxx) *

Mar'atusholihah (321164000067)

Dosen Pembimbing: Prof. Dr Yulinah Trihadiningrum M.App.Sc

Saran:

1. Pertajam alasan tentang kadar MP yang berfluktuasi pada unit2 operasi.
2. Jelaskan dengan baik, apakah MP dapat terkoagulasi pada prises flokulasi/koagulasi
3. Jelaskan bagaimana sebaiknya pengambilan sampel yang representatif, agar dapat menghasilkan nilai removal MP yang mendekati kebenaran

LULUS

Dosen Penguji 1: Ir. Eddy Setiadi Soedjono, MSc., PhD

1. Sebut dan jelaskan ke14 negara yang dimaksudkan,
2. Bagaimana dengan persyaratan MP di negara-negara tersebut/dunia,
3. Jelaskan mengapa diperiksa di setiap unit pengolahannya,
4. Jelaskan mengapa seakan muncul warna baru di air hasil uji jika dibandingkan air baku,
5. Mengapa hasil yang ada di ppt tidak tercantum dalam laporan TA,
6. Jelaskan mengapa diperlukan proses WPO?

LULUS

Dosen Penguji 2: IDAA Warmadewanthi, ST., MT., PhD

Saran:

Beberapa penulisan diperbaiki sesuai dengan upload saran

Lihat lebih lanjut (https://drive.google.com/file/d/10SQ0jP30Sg_g3WyLQHKIn2NxNZCBBRw/view)

LULUS

Dosen Penguji 3: Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil, PhD

enviro.its.ac.id/?page_id=3904

1/9

Saran:

Tambahkan penjelasan mengenai penyisihan partikel plastik pada unit koagulasi-flokulasi.

Pelajari artikel ini untuk menambah pembahasan: Removal of micron-sized microplastic particles from simulated drinking water via alum coagulation Dorothy W. Skaf*, Vito L. Punzi, Javaz T. Rolle, Kyle A. Kleinberg.

LULUS

Ok

SEARCH



Open Talk Program Pascasarjana Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan ITS
(http://enviro.its.ac.id/?u_event=open-talk-program-pascasarjana-fakultas-teknik-sipil-perencanaan-dan-kebumihan-its)

13/08/2020

Guest Lecture Series 2019 #8-Pencapaian Pembangunan Sanitasi Pemukiman di Indonesia
(http://enviro.its.ac.id/?u_event=guest-lecture-series-2019-8-pencapaian-pembangunan-sanitasi-pemukiman-di-indonesia)

25/04/2019