



TUGAS AKHIR - RE 184804

**STUDI KANDUNGAN *MICRO DEBRIS* PADA SISTEM  
DISTRIBUSI AIR MINUM DI SURABAYA TIMUR**

PINGKY TRIVERA ARISKHA  
0321154000053

DOSEN PEMBIMBING:  
Prof. Dr. YULINAH TRIHADININGRUM, M.App.Sc

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

**STUDI KANDUNGAN *MICRO DEBRIS* PADA SISTEM  
DISTRIBUSI AIR MINUM DI SURABAYA TIMUR**

PINGKY TRIVERA ARISKHA  
0321154000053

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Dr. YULINAH TRIHADININGRUM, M.App.Sc

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

## **STUDY ON MICRO DEBRIS CONTENT IN DRINKING WATER DISTRIBUTION SYSTEM IN EAST SURABAYA**

PINGKY TRIVERA ARISKHA  
NRP. 0321154000053

ADVISOR  
Prof. Dr. YULINAH TRIHADININGRUM, M.App.Sc

Department of Environmental Engineering  
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2019

## LEMBAR PENGESAHAN

STUDI KANDUNGAN *MICRO DEBRIS* PADA SISTEM  
DISTRIBUSI AIR MINUM DI SURABAYA TIMUR

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
Pada

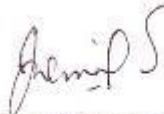
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

PINGKY TRIVERA ARISKHA  
NRP. 0321154000053

Disetujui oleh pembimbing tugas akhir



Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc  
NIP. 19530706 198403 2 004



## STUDI KANDUNGAN *MICRO DEBRIS* PADA SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM DI SURABAYA TIMUR

Nama Mahasiswa : Pingky Trivera Ariskha  
NRP : 03211540000053  
Departemen : Teknik Lingkungan, FTSLK ITS  
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M. App. Sc

### ABSTRAK

Air Kali Surabaya sebanyak 96% digunakan untuk kebutuhan air baku PDAM Kota Surabaya. Sebanyak 32,5% jumlah penduduk di bantaran Kali Surabaya membuang sampah domestik ke Kali Surabaya. Aktivitas tinggi sepanjang sungai diprediksi menjadi jalur distribusi *micro debris* ke perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kelimpahan *micro debris*, mengidentifikasi termasuk bentuk, warna, ukuran dan jenis *micro debris*, dan mengetahui faktor yang mempengaruhi keberadaan *micro debris* di sistem distribusi air minum daerah Surabaya Timur.

Pengambilan Sampling dilakukan pada air tandon dan air keran pada 37 lokasi sampling. Pengambilan dilakukan sebanyak dua kali pada hari yang berbeda. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan botol kaca, kemudian sampel disaring menggunakan filter membran *polytetrafluoroethylene* (PTFE) dan dipisahkan secara visual menggunakan stereomikroskop *Sunshine SZM45T-B1*. Identifikasi dilakukan dengan menggunakan *Thermo Scientific Nicolet iS10 Fourier Transform Infrared Spectrometer*.

Kelimpahan *micro debris* di air tandon sebanyak 56,61% partikel/L dan di air keran terhitung sebanyak 30,77 partikel/L. Pada air tandon, bentuk *micro debris* didominasi oleh *fiber* (86-100%), *fragment* (1-8%), dan *film* (1-6%). Sedangkan di air keran, ditemukan *fiber* (69-100%), *film* (0-17%) dan *fragment* (0-14%). Berdasarkan warnanya, *micro debris* transparan (0-48%) dan hitam (12-44%) adalah paling banyak ditemukan di air tandon. Di air keran, warna *micro debris* juga paling mendominasi hitam (9-55%) dan biru (2-49%). Berdasarkan ukurannya, *Small Micro Debris Particles* (SMDP) adalah paling dominan ditemukan pada air tandon dan air keran. SMDP ditemukan pada semua titik

sampling dengan dengan persentase mencapai >98%. Jenis *cellophane* adalah yang paling banyak ditemukan dengan persentase (61,02%). Hasil uji korelasi dan uji regresi diketahui bahwa jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa dan kecepatan aliran tidak memiliki hubungan yang signifikan terhadap kelimpahan *micro debris*.

Kata kunci : air keran, air tandon, kelimpahan, *micro debris*, sistem distribusi.

## **STUDY ON MICRO DEBRIS CONTENT IN DRINKING WATER DISTRIBUTION SYSTEM IN EAST SURABAYA**

Student Name : Pingky Trivera Ariskha  
Student ID : 03211540000053  
Department : Environmental Engineering ITS  
Supervisor : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M. App. Sc

### **ABSTRACT**

Almost 96% of water from Surabaya river is used for the main raw water source for PDAM Surabaya. Otherwise, about 32.5% of population that lives around Surabaya river, dispose their domestic waste into the river. Complex activities along the river has been predicted to be one of micro debris distribution pathway from land to the environment. The objectives of this study were to determine the abundance and identify the abundance, shape, colour, size, type of micro debris, and factors that influence micro debris presence in clean water distribution in East Surabaya.

Water sampling was conducted in water reservoir and tap water from 37 locations. The sampling is done in two repetition in different day. The sampling was conducted by using glass bottle, then filtered by using *polytetrafluoroethylene* (PTFE) membrane filter, then visually separated by using Sunshine SZM45T-B1 stereomicroscope. Identification was carried out using Thermo Scientific Nicolet iS10 Fourier Transform Infrared Spectrometer.

The abundance of micro debris in water reservoir and tap water was 56.61% particles/L and 30.77% respectively. In water reservoir, micro debris shapes were dominated by fiber (86-100%), followed by fragment (0-8%), and film (0-6%) particles. In tap water, the shapes were dominated by fiber (69-100%), film (0-17%), and fragment (0-14%) particles. Based on micro debris colours, the most dominant colour that found in water reservoir was transparent (0-48%) and black (12-44%). In tap water water, black

(9-55%) and blue (2-49%) particles were also dominant. Based on size, *small micro debris particles* (SMDP) were the most dominant particles found in water reservoir and tap water. The SMDP was found in almost from all sampling locations, ranged from 98%. In addition, cellophane type was the most dominant type of micro debris found from all samples (61.02%). According to correlation test and regression test results, there was no significant relationship of sampling point distance, pipe pressure, and flow velocity to micro debris abundance.

Keywords: tap water, reservoir water, abundance, micro debris, system distribution.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan Tugas Akhir dengan judul “Studi Kandungan *Micro Debris* pada Sistem Distribusi Air Minum Surabaya Timur”. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan, pemikiran, motivasi, dan bimbingan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Dr. Ir. Ellina S. Pandebesie, MT., Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil, Ph.D., Alfian Purnomo, ST., MT. selaku dosen pengarah atas arahan dan saran.
3. Bapak Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, ITS Surabaya.
4. Keluarga tercinta: Ibu Eni, Kakak-kakak penulis Erma, Arik Budi dan Devi Puspita yang selalu memberi dukungan doa, semangat, dan dorongan baik selama menjalani masa studi dan penyusunan tugas akhir.
5. Pak Mujjaman, Pak Hendro, Pak Dhitya, Ibu Ayu dan staff PDAM Surya Sembada Surabaya yang telah membantu perlengkapan data dan pengambilan sampel.
6. Direktorat Jenderal Sumber Daya Iptek dan Dikti, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas bantuan pendanaan penelitian dalam program Beasiswa Pendidikan Magister Menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU).
7. Tim *plastic research*: Mbak Prieska, Mas Firdaus, Cindy, Bagas, dan Alda yang selalu mendampingi dalam memberi dukungan dan doa bagi penulis selama penyusunan tugas akhir.
8. Teman-teman angkatan 2015 Departemen Teknik Lingkungan terutama untuk Fathyah, Icha, Salsa, Zulfa, Galuh, Niki, Rini yang senantiasa menemani selama masa studi dan pengumpulan data untuk penyusunan tugas akhir ini.
9. Serta semua pihak, sahabat, teman kerabat yang tidak dapat disebutkan satu persatu namun telah memberikan bantuan yang sangat berarti hingga selesainya tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Namun, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat menjadi pengetahuan baru dan bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 26 Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Definisi Sampah.....	7
2.2 Karakteristik Debris.....	7
2.3 Definisi <i>Micro debris</i> .....	8
2.4 Sumber <i>Micro debris</i> .....	8
2.5 Karakteristik <i>Micro debris</i> .....	9
2.6 Sistem Pengolahan Air Bersih.....	10
2.7 Prinsip Dasar Sistem Distribusi.....	11
2.8 Macam Pipa dan Kecepatan dalam Pipa.....	12
2.9 <i>Fourier-Transform Infrared (FTIR) spectroscopy</i> .....	12
2.10 Penelitian Terdahulu.....	13
2.11 Dampak <i>Micro debris</i> bagi Lingkungan.....	16
BAB 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH STUDI.....	21
3.1 Gambaran Umum Wilayah Studi.....	21
3.2 Letak Geografis dan Administratif.....	21
3.3 Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel III.....	22
3.3.1 Kapasitas Produksi.....	22
3.3.2 Lokasi Tata Letak Bangunan.....	22
3.3.3 Zona Distribusi Pelayanan IPAM Ngagel III.....	23
BAB 4 METODE PENELITIAN.....	25
4.1 Umum.....	25

4.2	Kerangka Penelitian.....	25
4.2.1	Ide Penelitian .....	28
4.2.2	Pengumpulan Data .....	28
4.2.3	Lokasi Sampling .....	28
4.2.4	Persiapan Sampling.....	35
4.2.5	Persiapan Alat dan Bahan .....	35
4.2.6	Penelitian Laboratorium.....	36
4.2.7	Analisis Parameter.....	40
4.2.8	Pembahasan.....	43
4.2.9	Kesimpulan dan Saran .....	44
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		45
5.1	Kelimpahan <i>Micro Debris</i> pada Saluran Distribusi di Surabaya Timur .....	45
5.1.1	Kelimpahan <i>Micro Debris</i> pada Sampel Air Tandon .....	47
5.1.2	Kelimpahan <i>Micro Debris</i> pada Sampel Air Keran .....	47
5.1.3	Perbedaan Kelimpahan <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon dan Air Keran .....	47
5.2	Komposisi, Karakteristik, dan Jenis <i>Micro Debris</i> .....	50
5.2.1	Bentuk <i>Micro Debris</i> .....	50
5.2.3	Ukuran <i>Micro Debris</i> .....	73
5.2.4	Jenis <i>Micro Debris</i> .....	82
5.3	Koefisien Korelasi .....	88
5.3.1	Pemeriksaan Koefisien Korelasi .....	89
5.3.2	Pengujian Korelasi .....	92
5.4	Analisis Regresi Linier Berganda .....	94
5.4.1	Pengujian Serentak .....	95
5.4.2	Pengujian Parsial .....	96
5.4.3	Koefisien Determinasi .....	98
5.5	Pembahasan Faktor yang Diduga Mempengaruhi Kelimpahan <i>Micro Debris</i> .....	98
5.6	Rekomendasi .....	100
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....		101
DAFTAR PUSTAKA.....		103
BIODATA PENULIS.....		159

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik <i>Debris</i> Berdasarkan Ukuran .....	7
Tabel 2. 2 Jenis Pipa Distribusi Air Minum .....	11
Tabel 2. 3 Penelitian tentang <i>Micro debris</i> pada Pengolahan Air Minum .....	13
Tabel 2. 4 Kandungan <i>Micro debris</i> di Air Ledeng .....	16
Tabel 3. 1 Letak Geografis dan Administratif per Kecamatan.....	21
Tabel 3. 2 Sub Zona IPAM Ngagel III.....	23
Tabel 4. 1 Jumlah Pelanggan pada Zona IPAM III di Surabaya Timur.....	29
Tabel 4. 2 Penetapan Jumlah dan Frekuensi Pengambilan Sampel Air Minum dalam Pengawasan Eksternal ....	30
Tabel 4. 3 Alat dan Bahan .....	35
Tabel 4. 4 Tabel ANOVA Uji Serentak .....	42
Tabel 5. 1 Kelimpahan <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon dan Air Keran .....	45
Tabel 5. 2 Data Bentuk <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon.....	50
Tabel 5. 3 Data Bentuk <i>Micro Debris</i> pada Air Keran .....	53
Tabel 5. 4 Data Warna <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon .....	62
Tabel 5. 5 Data Warna <i>Micro Debris</i> pada Air Keran .....	64
Tabel 5. 6 Data Ukuran <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon .....	73
Tabel 5. 7 Data Ukuran <i>Micro Debris</i> pada Air Keran .....	75
Tabel 5. 8 Tingkat Kemiripan Komponen dengan <i>Micro Debris</i> ..	83
Tabel 5. 9 Penentuan Kriteria Korelasi.....	91
Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Korelasi .....	93
Tabel 5. 11 Output Software Hasil Pengujian Serentak.....	96
Tabel 5. 12 Output Software Hasil Uji Parsial .....	97
Tabel 5. 13 Output Software Hasil Koefisien Determinasi .....	98

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 (A) <i>Fragmen</i> , (B) <i>Film</i> , (C) <i>Foam</i> , (D) <i>Fiber</i> , (E) <i>Line</i> , (F) <i>Pelet</i> .....	10
Gambar 2.2 Fotodegradasi <i>Micro Debris</i> pada Polipropilen dan Polietilen.....	17
Gambar 4. 1 Kerangka Penelitian .....	27
Gambar 4. 2 Lokasi Titik Sampling .....	33
Gambar 4. 3 Pengambilan sampel di Tandon.....	36
Gambar 4. 4 Pengambilan Sampel di Keran.....	37
Gambar 4. 5 Pemberian Etanol pada Kertas Saring.....	37
Gambar 4. 6 Proses Penyaringan dengan Vakum Pump .....	38
Gambar 4. 7 Hasil Kertas Saring yang Kering .....	38
Gambar 4. 8 Analisis Mikroskopik .....	39
Gambar 4. 9 <i>Shimadzu Infrared Microscope</i> .....	40
Gambar 5. 1 Bentuk <i>Micro Debris</i> : (a) <i>Fragment</i> , (b) <i>Fiber</i> , (c) <i>Film</i> .....	56
Gambar 5. 2 Distribusi Bentuk <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Sukolilo .....	56
Gambar 5. 3 Distribusi Bentuk <i>Micro Debris</i> pada Air Keran Daerah Sukolilo.....	57
Gambar 5. 4 Distribusi Bentuk <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Gubeng.....	57
Gambar 5. 5 Distribusi Bentuk <i>Micro Debris</i> pada Air Keran Daerah Gubeng.....	58
Gambar 5. 6 Distribusi Bentuk <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Mulyorejo.....	58
Gambar 5. 7 Distribusi Bentuk <i>Micro Debris</i> pada Air Keran Daerah Mulyorejo.....	54
Gambar 5. 8 Distribusi Bentuk <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Tambak Sari dan Wonokromo .....	59
Gambar 5. 9 Distribusi Bentuk <i>Micro Debris</i> pada Air Keran Daerah Tambak Sari dan Wonokromo .....	60
Gambar 5. 10 Distribusi Warna <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Sukolilo.....	67
Gambar 5. 11 Distribusi Warna <i>Micro Debris</i> pada Air Keran Daerah Sukolilo.....	67

Gambar 5. 12 Distribusi Warna <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Gubeng.....	68
Gambar 5. 13 Distribusi Warna <i>Micro Debris</i> pada Air Keran Daerah Gubeng.....	68
Gambar 5. 14 Distribusi Warna <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Mulyorejo.....	69
Gambar 5. 15 Distribusi Warna <i>Micro Debris</i> pada Air Keran Daerah Mulyorejo.....	69
Gambar 5. 16 Distribusi Warna <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Tambak Sari dan Wonokromo .....	70
Gambar 5. 17 Distribusi Warna <i>Micro Debris</i> pada Air Keran Daerah Tambak Sari dan Wonokromo .....	70
Gambar 5. 18 Aneka warna <i>Fragment</i> : (a) Abu-abu; (b) Biru; (c), (d) Kuning; (e) Transparan; (f) Putih .....	71
Gambar 5. 19 Aneka Warna <i>Film</i> : (a),(b),(d) Coklat; (c) Abu-abu .....	72
Gambar 5. 20 Aneka Warna <i>Fiber</i> .....	72
Gambar 5. 21 Distribusi Ukuran <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Sukolilo .....	78
Gambar 5. 22 Distribusi Ukuran <i>Micro Debris</i> pada Air Keran Daerah Sukolilo .....	78
Gambar 5. 23 Distribusi Ukuran <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Gubeng.....	79
Gambar 5. 24 Distribusi Ukuran <i>Micro Debris</i> pada Air Keran Daerah Gubeng.....	79
Gambar 5. 25 Distribusi Ukuran <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Mulyorejo .....	80
Gambar 5. 26 Distribusi Ukuran <i>Micro Debris</i> pada Air Kran Daerah Mulyorejo .....	80
Gambar 5. 27 Distribusi Ukuran <i>Micro Debris</i> pada Air Tandon Daerah Tambak Sari dan Wonokromo .....	81
Gambar 5. 28 Distribusi Ukuran <i>Micro Debris</i> pada Air Keran Daerah Tambak Sari dan Wonokromo .....	81
Gambar 5. 29 Korelasi Jarak Titik Sampling ke IPAM Ngagel III Terhadap Kelimpahan <i>Micro Debris</i> .....	89
Gambar 5. 30 Korelasi Tekanan Pipa Terhadap Kelimpahan <i>Micro Debris</i> .....	90
Gambar 5. 31 Kecepatan Aliran Terhadap Kelimpahan <i>Micro Debris</i> .....	90



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. ....	111
Lampiran B. ....	115
Lampiran C. ....	125
Lampiran D. ....	127
Lampiran E. ....	131
Lampiran F. ....	133
Lampiran G. ....	141
Lampiran H. ....	147

“halaman ini sengaja dikosongkan”

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya merupakan perusahaan pemerintah daerah yang bergerak di bidang pengolahan air bersih. Terdapat dua Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) yaitu IPAM Karang Pilang dan IPAM Ngagel (Anonim, 2012). PDAM Surabaya melayani kebutuhan air bersih penduduk Kota Surabaya sebanyak 2.773.608 jiwa. Pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat di Kota Surabaya akan terus meningkat seiring dengan pertambahan populasi penduduk (Lasminto, 2016).

Air baku maupun air produksi IPAM tersebut harus memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan dengan berbagai parameter uji didalamnya. Air baku yang digunakan bersumber dari Kali Surabaya. Namun lambat laun makin mengalami penurunan kualitas secara fisik, salah satu penyebabnya adalah pembuangan sampah ke sungai. Sebagian besar berupa plastik, logam, karet, kertas, tekstil, dan barang-barang lainnya yang dibuang dan memasuki lingkungan menjadi sampah (Derraik, 2002). Sebanyak 32,5% warga Surabaya yang bermukim di radius 500 m di sekitar Kali Surabaya membuang sampahnya ke sungai dan didominasi sampah domestik (Suwari, 2010)

Ketika *debris* memasuki saluran air, tidak mengalami degradasi seperti halnya bahan alami. Sebaliknya, paparan sinar matahari, reaksi terhadap oksigen, dan degradasi dari elemen fisik menyebabkan *debris* terurai menjadi potongan-potongan kecil hingga berukuran skala nanometer (Galgani, 2014). *Micro debris* merupakan jenis sampah yang sangat kecil dengan kisaran ukuran 1 sampai 5,0 mm. *Micro debris* didefinisikan sebagai barang, terbagi menjadi kategori ukuran, yaitu besar (1-5 mm) dan kecil (<1

mm) (Storck *et al.*, 2015). *Micro debris* bervariasi dalam hal ukuran, bentuk, warna, komposisi, massa jenis, dan sifat-sifat lainnya.

Permasalahan *micro debris* pada lingkungan mendapatkan perhatian khusus dari peneliti sampai masyarakat umum dalam beberapa tahun terakhir. *Micro debris* telah ditemukan di semua lingkungan termasuk instalasi pengolahan air minum dan sistem distribusi. Dalam penelitian sebelumnya tentang air ledeng yang dikumpulkan dari negara-negara di seluruh dunia, kontaminasi dengan *micro debris* dilaporkan oleh para peneliti Amerika (Kosuth *et al.*, 2018). Demikian juga, dalam penelitian yang dilakukan oleh Laboratorium dan Lingkungan Cphbusiness, temuan *micro debris* dalam air ledeng, yang dikumpulkan dari rumah tangga Denmark di sekitar Kopenhagen (Lassen *et al.*, 2015). Studi Amerika dan Denmark menemukan bahwa *micro debris* banyak terdapat di air ledeng, dengan 83% dari 159 sampel yang dikumpulkan secara global dan semua sampel dari 16 rumah tangga dari Denmark yang mengandung *micro debris*. Konsentrasi *micro debris* bervariasi, tetapi dengan rata-rata 4,3 partikel/L dalam penelitian global dan rata-rata 18 partikel/L dalam studi Denmark (Lassen *et al.*, 2015; Kosuth *et al.*, 2018).

Telah dilakukan studi pendahuluan terhadap kandungan *micro debris* awal di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS terhadap air reservoir PDAM Surabaya. Hasil laboratorium ditemukan dalam volume 1 L diduga mengandung *micro debris* jenis *fiber*. Hal ini menunjukkan, bahwa air reservoir telah terkontaminasi dan belum dilakukan riset lebih lanjut terkait akumulasi. Sehingga penting untuk melakukan penelitian terkait di air produksi dan sistem distribusi pada lokasi yang sama agar memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang perkiraan kelimpahan dan faktor – faktor keberadaannya.

Hal ini juga didukung dengan penelitian Orbmedia bersama *University of Minnesota* (AS) menyatakan adanya kontaminasi

*micro debris* di air leding dan air tanah Jakarta. Penemuan ini didapatkan dari 21 sampel air di Jakarta yang dikumpulkan pada periode Januari-Maret 2017. Hasilnya menunjukkan 76% sampel mengandung *micro debris*. Dirata-rata, per liter air mengandung hingga 4,34 partikel *micro debris* dengan kisaran 0-57 partikel/L (Tyree dan Morrison, 2017).

*Micro debris* yang masuk ke saluran air akan terakumulasi dan tidak mudah dihilangkan karena sifatnya yang persisten. *Micro debris* akan terus terurai hingga lebih banyak sehingga dapat berpotensi masuk ke dalam tubuh manusia. Studi tentang *micro debris* dan potensi risiko kesehatannya cukup baru. Saat ini belum ada peraturan untuk mengontrol *micro debris* dalam air. Karena para ilmuwan belum yakin dampak kesehatan dan belum menetapkan batas yang dapat diterima untuk *micro debris* dalam air (Chae dan An, 2017).

Keberadaan *micro debris* perlu adanya pemantauan dan pengawasan terhadap kualitas air distribusi masyarakat. Pengawasan kualitas menggunakan sampling di tiap titik-titik sampling masing-masing zona distribusi. Penelitian *micro debris* ini berfokus pada zona 2 yang terletak di daerah Surabaya Timur. Zona pelayanan tersebut berasal dari sistem distribusi IPAM Ngagel III. Dimana air Kali Surabaya sebagai bahan baku air PDAM Surabaya dan aktivitas manusia di daerah tersebut. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kelimpahan dan jenis *micro debris* pada lokasi yang berbeda di Daerah Surabaya Timur.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana konsentrasi atau kelimpahan *micro debris* pada saluran distribusi di Surabaya Timur?

2. Bagaimana komposisi dan karakteristik *micro debris* pada saluran distribusi di Surabaya Timur?
3. Apakah faktor (jarak, tekanan pipa dan kecepatan aliran) yang mempengaruhi keberadaan *micro debris* pada saluran distribusi di Surabaya Timur?

### **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan konsentrasi atau kelimpahan *micro debris* pada saluran distribusi di Surabaya Timur.
2. Mengidentifikasi komposisi dan karakteristik *micro debris* pada saluran distribusi di Surabaya Timur.
3. Mengkaji faktor (jarak, tekanan pipa dan kecepatan aliran) yang mempengaruhi keberadaan *micro debris* pada saluran distribusi di Surabaya Timur.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai informasi sumber dan potensi bahaya *micro debris* di saluran distribusi daerah Surabaya Timur bagi penduduk, peneliti, dan pembuat kebijakan.
2. Sebagai dasar penelitian lanjutan mengenai *micro debris* di saluran distribusi daerah Surabaya Timur dan pendorong perkembangan penelitian *micro debris* di Indonesia.
3. Sebagai pertimbangan dalam penentuan langkah yang tepat dalam mengatasi permasalahan *micro debris* di saluran distribusi, terutama pengelolaan sampah *debris* agar tidak memasuki badan air.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang Lingkup penelitian tugas akhir ini adalah

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air dan Laboratorium Limbah Padat dan B3 Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
2. Wilayah sampel adalah Surabaya Timur pada Zona 2 (daerah pelayanan distribusi IPAM Ngagel III).

3. Sampel *micro debris* PDAM diambil pada tandon dan non tandon pada daerah pelayanan distribusi IPAM Ngagel III
4. Sampling akan dilakukan pagi hari pada rentang pukul 07.00-10.00 WIB. Sampling dengan pengulangan 2 kali antara bulan Februari-Mei 2019.
5. Partikel *micro debris* yang dianalisis dalam penelitian berukuran 0,2  $\mu\text{m}$  – 5 mm.

“halaman ini sengaja dikosongkan”



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Sampah

Sampah merupakan semua jenis limbah berbentuk padat yang berasal dari kegiatan manusia dan merupakan sisa dari tumbuhan dan hewan mati, kemudian dibuang karena tidak bermanfaat dan tidak digunakan lagi (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Definisi sampah dalam UU Nomor 18 tahun 2008 menyatakan bahwa sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses yang berbentuk padat.

### 2.2 Karakteristik Debris

Menurut Lippiat *et al.* (2013), *debris* dapat dibagi berdasarkan ukurannya yaitu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2. 1 Karakteristik Debris Berdasarkan Ukuran**

No	Jenis	Skala
1.	Mega (cm)	>100
2.	Makro (cm)	>2,5 – 100
3.	Meso (mm)	>5 – 25
4.	Mikro ( $\mu\text{m}$ )	1 – 5000
5.	Nano ( $\mu\text{m}$ )	<1

Sumber: Lippiat *et al.* (2013)

Ukuran sampah diklasifikasikan menjadi 5 bagian, yaitu:

1. *Mega-debris* merupakan ukuran sampah yang panjangnya lebih dari 1 meter yang pada umumnya didapatkan diperairan lepas.
2. *Macro-debris* merupakan ukuran sampah yang panjangnya berkisar >2,5 cm sampai <1 m. pada umumnya sampah ini ditemukan di dasar maupun permukaan perairan.
3. *Meso-debris* merupakan sampah yang berukuran >5 mm sampai < 2,5 cm. Sampah ini pada umumnya terdapat di permukaan perairan maupun tercampur dengan sedimen.
4. *Micro-debris*, merupakan jenis sampah yang sangat kecil dengan kisaran ukuran 0,33 sampai 5,0 mm. Sampah yang

berukuran seperti ini sangat mudah terbawa oleh arus, selain itu sangat berbahaya karena dapat dengan mudah masuk ke organ tubuh organisme seperti ikan dan kura-kura.

5. *Nano-debris*, merupakan jenis sampah yang ukurannya dibawah  $<1 \mu\text{m}$ . Sama halnya dengan *micro-debris* sampah jenis ini sangat berbahaya karena dapat dengan mudah masuk kedalam organ tubuh organisme.

### **2.3 Definisi *Micro debris***

*Debris* terbuat dari material hidrofobik sehingga bahan pencemar terkonsentrasi di permukaannya dan *micro debris* bertindak sebagai bahan kimia di lingkungan. *Micro debris* merupakan partikel yang berukuran kurang dari 5 mm. Batas bawah ukuran partikel yang termasuk dalam kelompok *micro debris* belum didefinisikan secara pasti namun kebanyakan penelitian mengambil objek partikel dengan ukuran minimal  $300 \mu\text{m}^3$  (Storck *et al.*, 2015).

### **2.4 Sumber *Micro debris***

Sumber *micro debris* terbagi menjadi dua, yaitu primer dan sekunder. *Micro debris* primer merupakan adalah *micro debris* yang memang didisain dan diproduksi dengan ukuran sekitar 5 mm. Sementara itu, *micro debris* sekunder dihasilkan dari pemecahan partikel yang lebih besar. Mekanisme yang dapat menyebabkan terbentuknya *micro debris* dari partikel berukuran besar, termasuk secara abrasi mekanis, radiasi sinar UV, dan biologi (Karapanagioti, 2007).

Sumber primer mencakup kandungan *debris* dalam produk-produk pembersih dan kecantikan, pelet untuk pakan hewan, bubuk resin, dan umpan produksi *debris*. *Micro debris* yang masuk ke wilayah perairan melalui saluran limbah rumah tangga, umumnya mencakup polietilen, polipropilen, dan polistiren (Gregory, 1996).

Sumber sekunder meliputi serat atau potongan hasil pemutusan rantai dari *debris* yang lebih besar yang mungkin terjadi sebelum *micro debris* memasuki lingkungan. Potongan ini dapat

berasal dari jala ikan, bahan baku industri, alat rumah tangga, kantong *debris* yang memang dirancang untuk terdegradasi di lingkungan, serat sintetis dari pencucian pakaian, atau akibat pelapukan produk *debris* (Browne *et al.*, 2011). Sumber sekunder berupa serat akibat pencucian pakaian kebanyakan terbuat dari poliester, akrilik, dan poliamida yang dapat mencapai lebih dari 100 serat/L (Zubris dan Richards, 2005).

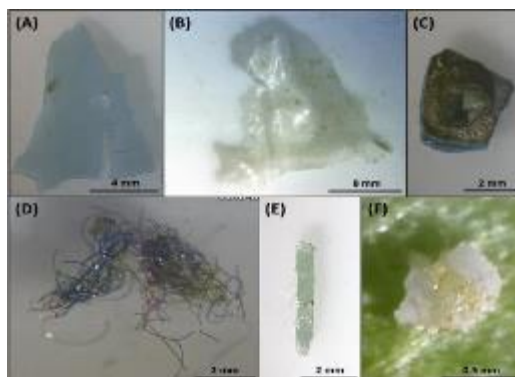
## 2.5 Karakteristik *Micro debris*

*Micro debris* yang dianalisis dari lingkungan ada dalam berbagai bentuk, warna dan ukuran dengan beberapa menunjukkan bentuk bulat, sementara yang lain tampak memiliki bentuk berserat atau acak (Browne *et al.*, 2011). *Micro debris* primer akan cenderung memiliki penampilan yang sesuai seperti saat diproduksi, menunjukkan bentuk bulat atau berserat, dan memiliki permukaan yang konsisten. Sebaliknya, *micro debris* sekunder akan cenderung memiliki penampilan yang lebih acak dan karena itu lebih sulit untuk dikategorikan (Zubris dan Richards, 2005). Salah satu kesulitan terutama adalah bahwa pelapukan dapat mengubah penampilan kedua jenis *micro debris*. Selanjutnya, *micro debris* menampilkan berbagai macam variasi warna yang berbeda (Browne *et al.*, 2011). Dengan demikian, warna-warna yang berbeda ini digunakan sebagai bagian dari sistem standar untuk mengkategorikan *micro debris* yang diperoleh dari lingkungan.

Berdasarkan bentuknya, partikel *micro debris* dikategorikan menjadi *line/fiber* (tipis atau berserat, lurus), *pellet* (keras, partikel bundar), *fragment* (partikel *debris* keras, bergerigi), *foam* (ringan, seperti spons), atau *film* (bidang 13 tipis). Sedangkan berdasarkan warna, *micro debris* dapat dibagi menjadi enam kategori: biru, hitam, kuning, transparan, putih dan merah. Kategori biru mencakup warna biru, biru tua, biru muda, hijau tua dan hijau muda (Peng *et al.*, 2017).

Perlu diperhatikan bahwa warna *micro debris* sering memberikan indikasi untuk tingkat kontaminasi polutan kimia. Dalam sebuah penelitian tentang *micro debris* yang ada di Humber Bay, Kanada, jumlah *debris* berwarna putih secara signifikan

melembi warna lain, diikuti abu-abu dan hitam yang paling berlimpah, kemudian hijau, biru dan sejumlah kecil *debris* merah muda dan ungu (Browne *et al.*, 2011)



**Gambar 2. 1 (A) Fragmen, (B) Film, (C) Foam, (D) Fiber, (E) Line, (F) Pelet**

Sumber : Peng *et al.* (2017)

## 2.6 Sistem Pengolahan Air Bersih

Sistem pengolahan air bersih PDAM Surabaya menggunakan bahan baku dari Kali Surabaya. Proses dilakukan menggunakan standar Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Sistem pengolahan air bersih sebagai berikut:

1. Air baku dipompa dari reservoir *intake* ke sistem aerator.
2. Air dalam aerator menuju ke penampungan untuk pengendapan (bak prasedimentasi).
3. Dari bak prasedimentasi air dialirkan ke bak pengaliran pasir lambat untuk penyaringan.
4. Kemudian air yang sudah proses penyaringan masuk ke proses *clorinator* untuk pembunuhan bakteri.
5. Setelah proses *treatment* sudah dilalui maka air ditampung didalam reservoir untuk selanjutnya siap distribusikan ke konsumen.


## 2.7 Prinsip Dasar Sistem Distribusi

Sistem distribusi air bersih dibuat guna memenuhi kebutuhan akan air bersih yang layak konsumsi. Komponen utama dari sistem distribusi air bersih adalah sistem jaringan pipa. Adapun permasalahan pada jaringan pipa seperti kebocoran, kerusakan pipa, besarnya energi yang hilang dan penurunan tingkat pelayanan untuk konsumen.

Sistem distribusi merupakan rangkaian perpipaan air bersih/minum yang mengalirkan air dari pipa transmisi ke daerah pelayanan berupa sambungan rumah. Jenis pipa yang biasa digunakan untuk mengalirkan air minum dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2. 2 Jenis Pipa Distribusi Air Minum**

No	Jenis Pipa	Kelebihan	Kekurangan	Gambar
1	Pipa <i>PVC</i> ( <i>Polyvinyl Chloride</i> )	Tahan lama dan mudah perawatan, tidak dapat berkarat atau membusuk.	Mudah pecah pada cuaca yang ekstrim dalam jangka waktu yang lama, tidak tahan lama, mudah pecah karena dibuat dari plastic, pipa yang sudah dibentuk sulit diubah kembali.	
2	Pipa Besi	Tahan terhadap getaran-getaran, kedap air, panjang saluran sampai 6 meter dan cukup licin	Tidak tahan korosi, harga relative mahal dan penggunaan terbatas (di bawah jalan, rel kereta api, dan lain-lain)	

No	Jenis Pipa	Kelebihan	Kekurangan	Gambar
3	Pipa <i>HDPE (High Density Polyethylene)</i>	Penyambungan kuat dan tahan bocor, fleksibel dan tahan terhadap tekanan tinggi, tahan korosi dan bahan kimia, mudah perawatan.	Tidak bisa digunakan pada suhu panas dan harga mahal.	

Sumber : Direktorat Jenderal Cipta Karya (2007)

## 2.8 Macam Pipa dan Kecepatan dalam Pipa

Pipa PDAM Surabaya membawa aliran air dari satu *junction node* ke *node* lainnya dalam sebuah jaringan distribusi. Macam dan kecepatan pipa yang digunakan dalam jaringan distribusi sebagai berikut :

- a. **Pipa Transmisi.** Pipa yang membawa air dari instalasi pengolahan ke reservoir distribusi, tanpa ada tapping sepanjang jalur pipa. Jaringan pipa transmisi ini harus mampu mengalirkan dengan debit aliran hari maksimum.
- b. **Pipa distribusi primer/ pipa induk.** Pipa utama untuk mendistribusikan ke daerah pelayanan melalui pipa-pipa sekunder dan tersier. Umumnya pipa lebih besar dari 700 mm. kecepatan aliran dalam pipa kurang lebih 1,5 m/s<sup>2</sup>.
- c. **Pipa distribusi sekunder.** Pipa cabang dari pipa utama/primer menuju pipa tersier. Kecepatan aliran dalam pipa kurang lebih 2,0 m/s<sup>2</sup>.
- d. **Pipa distribusi tersier.** Pipa cabang dari pipa sekunder yang mendistribusikan air ke pipa penghubung (yang menuju ke pelanggan). Diameter pipa distribusi tersier adalah 110 mm dan 160 mm. kecepatan aliran dalam pipa kurang lebih 2,0 m/s<sup>2</sup>.

## 2.9 *Fourier-Transform Infrared (FTIR) spectroscopy*

*Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy* merupakan alat yang paling populer dan luas digunakan untuk identifikasi jenis

dan komposisi *micro debris* dari sampel lingkungan. Sedangkan alasan untuk memakai teknik ini karena mampu mengidentifikasi jenis *debris* hadir dengan menyajikan spektrum infra merah (IR). Selain itu FTIR mengandung pita yang berbeda pola, sehingga memungkinkan diferensiasi antara bahan *debris* dan bahan alami (Hollman *et al.*, 2013).

Pengukuran jumlah penyerapan radiasi inframerah pada frekuensi yang berbeda dapat memungkinkan untuk menghasilkan spektrum penyerapan yang dapat menggambarkan struktur molekul sampel. Spektrum inframerah berisi serangkaian puncak serapan yang sesuai dengan frekuensi getaran yang berbeda antara ikatan atom dalam molekul sampel. Karena berbagai jenis *debris* memiliki kombinasi atom yang unik, tidak ada dua bahan *debris* yang akan menghasilkan spektrum IR yang identik. Untuk alasan ini, spektrum FTIR adalah unik untuk setiap jenis *debris* dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis *debris* yang menyusun partikel-partikel *micro debris* (Storck *et al.*, 2015)

Mikroskop FTIR dapat digunakan dalam berbagai mode, seperti transmisi, pemantulan atau ATR. Hal ini memungkinkan pengumpulan spektrum dari sampel, serta pemetaan sampel dan visualisasi secara simultan. Meskipun demikian, FTIR termasuk peralatan mahal dan prosedurnya memakan waktu dan membutuhkan operator terlatih. Namun, teknik ini merupakan metode yang cocok untuk identifikasi bahan *debris* dan sebagai pilihan yang paling populer untuk identifikasi *micro debris* yang telah dipisahkan dari sampel lingkungan.

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai kandungan *micro debris* unit pengolahan air minum dan air leding tercantum dalam Tabel 2.3.

**Tabel 2. 3 Penelitian tentang *Micro debris* pada Pengolahan Air Minum**

	Amerika Serikat	Denmark	Norwegia	Republik Ceko
Volume Sampel	0,5 L	50 L	1 L	1 L

	Amerika Serikat	Denmark	Norwegia	Republik Ceko
<b>Botol Sampling</b>	- Botol plastik hdpe	- Botol plastik laboratorium - Botol kaca dengan tutup biru plastik	- Botol kaca dengan tutup biru plastik	- Botol kaca borosilikat
<b>Membilas sebelum pengambilan sampel</b>	- Dua kali dengan air keran	- Tiga kali dengan air yang disaring - Tiga kali dengan air leding	- 2 kali dengan deterjen pekat (sulfo)	- Dibilas air dengan kadar HPLC
<b>Penyaringan</b>	- Filter selulosa Whatman ukuran pori 2,5 $\mu\text{m}$	- Bahan filter ukuran pori 0,45 $\mu\text{m}$	- Filter MCE putih ukuran pori 5 $\mu\text{m}$	- Filter PTFE ukuran pori 5 $\mu\text{m}$ dan 0,2 $\mu\text{m}$
<b>Kuantifikasi dan Identifikasi</b>	- Perwanaaan dengan Rose-Bengal - Identifikasi visual menggunakan stereo-mikroskop (pembesaran 8-35 kali) - Verifikasi dengan hardness test	- Tidak ada noda - Identifikasi visual menggunakan stereo-mikroskop (pembesaran 20-40 kali) - Verifikasi dengan uji jarum panas	- Tidak ada noda - Identifikasi visual menggunakan stereo-mikroskop (pembesaran 10-100 kali)	- Tidak ada noda - Vega mikroskop elektron



	Amerika Serikat	Denmark	Norwegia	Republik Ceko
<b>Ukuran <i>micro debris</i></b>	- >1 mm	- >1 mm	- >1 mm	- >1 mm
<b>Kelimpahan <i>micro debris</i></b>	- Rata-rata 4,3 partikel/L	- Rata-rata 18 partikel/L	- Rata-rata 2,0 hingga 6 partikel/L	- WTP 1 : 369–485 partikel/L - WTP 2 : 243-466 partikel/L - WTP 3 : 562–684 partikel/L
<b>Referensi</b>	Kosuth <i>et al.</i> (2018)	Lassen <i>et al.</i> (2015)	Uhl dan Svendsen (2018)	Pivokonsky <i>et al.</i> (2018)

WTP – Water Treatment Plant

Pada Tabel 2.4 menjelaskan penelitian sebelumnya tentang air ledeng yang dikumpulkan dari negara-negara di seluruh dunia, Penelitian tersebut menyatakan bahwa terdapat kontaminasi dengan *micro debris* dilaporkan oleh para peneliti Amerika (Kosuth *et al.*, 2018). Demikian juga, dalam penelitian yang dilakukan oleh Laboratorium dan Lingkungan Cphbusiness, temuan *micro debris* dalam air ledeng, yang dikumpulkan dari rumah tangga Denmark di sekitar Kopenhagen dilaporkan (Lassen *et al.*, 2015). Studi Amerika dan Denmark menemukan bahwa *micro debris* banyak terdapat di air ledeng, dengan 83% dari 159 sampel yang dikumpulkan secara global dan semua sampel dari 16 rumah tangga dari Denmark yang mengandung *micro debris*. Kelimpahan *micro debris* bervariasi rata-rata 4,3 partikel/L (kisaran 0-57 partikel/L) dalam penelitian global dan rata-rata 18 partikel/L (kisaran 2-45 partikel/L) dalam studi Denmark (Lassen *et al.*, 2015; Kosuth *et al.*, 2018). Selain itu terdapat *micro debris* yang

ditemukan dalam air ledeng Norwegia dengan ukuran lebih besar dari 100  $\mu\text{m}$  (Uhl dan Svendsen, 2018).

**Tabel 2. 4 Kandungan *Micro debris* di Air Ledeng**

Negara/ Sumber	Minimum (partikel/)	Maksimum (partikel/L)	Rata-Rata (partikel/L)	Standar Deviasi (partikel/L)
Kuba	-	-	7,17	-
Ekuador	0	9,04	4,02	3,20
Inggris	3,66	13	7,73	4,76
Perancis	-	-	1,82	-
Jerman	0	1,82	0,91	1,29
India	0	20	6,24	6,41
Indonesia	0	10,8	3,23	3,48
Irlandia	-	-	1,83	-
Italia	-	-	0 <sup>b</sup>	-
Libanon	0	23,3	6,64	6,38
Slovakia	0	10,9	3,83	4,47
Swiss	0	5,47	2,74	3,87
Uganda	0	12,7	3,92	3,17
Amerika Serikat	0	60,9	9,24	11,8

Sumber : Kosuth *et al.* (2018)

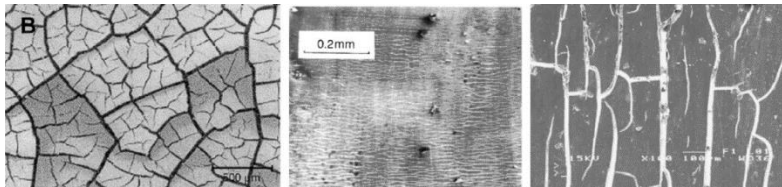
## 2.11 Dampak *Micro debris* bagi Lingkungan

*Debris* adalah salah satu puing-puing sampah yang dapat kita temui di hampir setiap hari. Menurut penelitian, penggunaan *debris* yang tidak sesuai persyaratan akan menimbulkan berbagai gangguan kesehatan, karena dapat mengakibatkan pemicu kanker dan kerusakan jaringan pada tubuh manusia (karsinogenik). Selain itu *debris* pada umumnya sulit untuk didegradasikan (diuraikan) oleh mikroorganisme. *Debris* dapat bertahan hingga bertahun-tahun sehingga menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. *Debris* membutuhkan waktu yang lama untuk memecah dari suatu benda menjadi fragmen kecil yang disebut *micro debris*. *Micro debris* yang masuk ke saluran air akan terakumulasi dan tidak mudah dihilangkan karena sifatnya yang persisten.

*Micro debris* tidak mengapung di atas permukaan, sebaliknya *micro debris* ditemukan menempel di bagian bawah lapisan permukaan melalui tegangan permukaan. Karena ukurannya yang

kecil dan sifat reflektif dari lapisan permukaan, sehingga sulit untuk dilihat dari atas permukaan. Beberapa *micro debris* akan tenggelam ketika kepadatannya meningkat karena bakteri, ganggang atau hewan lain yang tumbuh/hidup di atasnya. Proses lain yang dapat menyebabkan *micro debris* bergerak turun melalui kolom air adalah fotodegradasi. *Polystyrene* bersifat lebih padat daripada air, tetapi dalam bentuk *styrofoam*, ia mengapung karena udara yang terperangkap. Ketika polimer *polystyrene* putus, mereka bisa tenggelam.

*Micro debris* itu sendiri tidak secara langsung berbahaya bagi organisme. Secara biologis, itu tidak dapat bereaksi secara kimia dengan apapun dalam suatu organisme dan tidak bisa masuk sel dikarenakan ukurannya. Namun, racun yang melekat pada *micro debris* dan monomernya dapat berbahaya. Secara umum, ancaman fisik *micro debris* muncul ketika organisme salah memakan *micro debris* sebagai makanan. Banyak *micro debris* (terutama yang warna transparan) dapat terlihat seperti plankton untuk ikan. Begitu berada di dalam saluran pencernaan, *micro debris* tidak dapat dicerna dan kemungkinan akan tetap berada di dalam tubuh organisme. Hal ini dapat menyebabkan mereka merasa kenyang atau dapat menyumbat pencernaan.



**Gambar 2.2 Fotodegradasi *Micro Debris* ada Polipropilen dan Polietilen**

Sumber : Andrady (2011)

*Micro debris* bersifat hidrofobik (sukar dengan air), dikarenakan struktur kimianya kedap air. Bahan kimia beracun di air yang juga hidrofobik menyerap *micro debris* (menempel di luar *micro debris*). Saat *micro debris* rusak, lebih banyak area permukaan yang tersedia untuk bahan kimia beracun untuk menyerapnya. Proses ini disebut *adsorbtion* (bukan penyerapan). Potongan-potongan yang lebih kecil dan telah rusak, semakin

banyak area permukaan untuk polutan untuk menyerap ke *micro debris*. Selain itu, potongan yang terdegradasi memiliki area permukaan yang lebih kasar, yang memiliki efek yang sama. (Gambar 2.2). Fragmen *micro debris* menjadi sangat beracun dan dapat membahayakan organisme apapun ketika tertelan apabila racun dipindahkan ke jaringan organisme.

Terdapat dua jenis bahan kimia ini adalah polutan organik persisten (persisten = tidak terdegradasi dengan cepat, organik = mengandung karbon) dan pestisida. Salah satu contoh POP adalah PCB. Ini adalah senyawa yang relatif besar yang digunakan oleh manusia sebagai pendingin, cairan untuk motor, dll. Senyawa ini bersifat lipofilik dan karsinogenik. Banyak pestisida juga merupakan POP. Yang biasa ditemukan pada *micro debris* adalah DDT. Banyak monomer juga beracun, misalnya pada BPA yang digunakan untuk membuat plastik bening keras (resin epoksi dan plastik polikarbonat) adalah pengganggu endokrin. Sehingga struktur kimianya menyebabkannya bertindak seperti hormon di dalam suatu organisme, misalnya ikan, burung, dan manusia.

Polutan yang ditemukan teradsorpsi dalam *micro debris* hanya akan berbahaya bagi organisme jika di dalam organisme memungkinkan pelepasan bahan kimia dari *debris* dan pergerakan senyawa selanjutnya ke dalam sel/jaringan organisme. Begitu masuk ke dalam sel organisme, sebagian besar racun akan berhasil dikeluarkan dari sel oleh sistem pertahanan alami organisme. Karena sebagian besar racun yang ditemukan pada plastik bersifat lipofilik (suka lemak), organisme akan menyimpan racun ini dalam cadangan lemaknya untuk meminimalkan kontak racun dengan bagian-bagian sel organisme di mana ia dapat merusak. Namun pada konsentrasi tertentu, racun akan berbahaya bagi suatu organisme terutama jika kemudian dilepaskan atau tidak dapat lagi disimpan dalam cadangan lemak. Banyak dari racun bersifat karsinogenik (menyebabkan kanker) yang pada akhirnya menyebabkan kematian organisme. Racun dapat meniru hormon yang diproduksi secara alami oleh organisme, dan dengan demikian mengganggu biokimia dan fungsi vital organisme. Racun lain mematikan karena mengandung logam yang sangat berbahaya di dalam suatu organisme ketika

konsentrasinya menjadi terlalu tinggi karena sifatnya yang sangat reaktif. Implikasi lebih lanjut dari pencemaran kimia adalah transfer racun yang terakumulasi pada ibu ke keturunannya. Dalam melahirkan anak-anak, para ibu mentransfer sebagian besar cadangan lemak dan nutrisi mereka (energi) ke embrio muda mereka. Banyak racun yang ditemukan pada *micro debris* disimpan di dalam sel-sel lemak organisme, sehingga racun-racun tersebut dipindahkan dalam konsentrasi tinggi kepada anak-anak muda yang sering mengarah pada infertilitas atau kematian keturunan sebelum maupun setelah kelahiran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB 3**

### **GAMBARAN UMUM WILAYAH STUDI**

#### **3.1 Gambaran Umum Wilayah Studi**

Wilayah yang menjadi objek dari studi ini adalah daerah pelayanan distribusi IPAM Ngagel III pada zona 2 meliputi Kecamatan Gubeng, Kecamatan Sukolilo, Kecamatan Mulyorejo dan Kecamatan Tambaksari yang termasuk dalam wilayah Surabaya Timur.

#### **3.2 Letak Geografis dan Administratif**

Kota Surabaya terletak antara 07°21'00" Lintang Selatan dan 112°36'00" sampai dengan 112°54' Bujur Timur. Wilayahnya merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3 m sampai 6 m diatas permukaan air laut, kecuali di sebelah selatan ketinggian 25 sampai 50 m diatas permukaan air laut. Luas wilayah seluruh Surabaya kurang lebih 326,36 km<sup>2</sup> yang terbagi dalam 31 kecamatan dan 163 desa/kelurahan. Batas wilayah Kota Surabaya adalah:

- Sebelah Utara : Selat Madura
- Sebelah Timur : Selat Madura
- Sebelah Selatan: Kabupaten Sidoarjo
- Sebelah Barat : Kabupaten Gresik

Letak geografis dan administratif dari Kecamatan Gubeng, Kecamatan Sukolilo, Kecamatan Mulyorejo dan Kecamatan Tambaksari dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3. 1 Letak Geografis dan Administratif per Kecamatan**

Kecamatan	Luas Wilayah	Batas wilayah			
	Km <sup>2</sup>	Barat	Timur	Selatan	Utara
Gubeng	7,48	Tegal Sari	Sukolilo dan Mulyorejo	Wonokromo dan Wonocolo	Tambak Sari

Kecamatan	Luas Wilayah	Batas wilayah			
	Km <sup>2</sup>	Barat	Timur	Selatan	Utara
Sukolilo	23,66	Kecamatan Gubeng	Selat Madura	Rungkut dan Tenggilis Mejoyo	Mulyorejo
Mulyorejo	11,94	Gubeng dan Tambak Sari	Selat Madura	Sukolilo	Bulak
Tambaksari	9,10	Simokerto dan Genteng	Mulyorejo	Gubeng	Kenjeran dan Bulak

Sumber : Badan Pusat Statistik Surabaya, 2017

### 3.3 Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel III

#### 3.3.1 Kapasitas Produksi

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya merupakan perusahaan milik daerah, yang bergerak dalam distribusi air bersih di Kota Surabaya. PDAM Kota Surabaya dibangun pada tahun 1991 di Jalan Mayjend Prof. Dr. Moestopo No.2 Surabaya yang menggunakan dana PDAM murni. PDAM Surya Sembada telah mengoperasikan Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) di dua lokasi yaitu di Ngagel dan Karangpilang.

Peningkatan jumlah penduduk kota Surabaya membuat pemerintah untuk melaksanakan pembangunan IPAM Ngagel III. Pembangunan IPAM Ngagel III dengan kapasitas 1.000 liter/detik atas lisensi dari *Neptune Microfloc* (Amerika Serikat). Pada tahun 1997 kapasitas IPAM Ngagel III ditingkatkan menjadi 1.500 liter/detik. Saat ini, PDAM Kota Surabaya telah memiliki jumlah pelanggan sekitar 480 ribu pelanggan yang terdiri dari pelanggan domestik (rumah tangga), dan non domestik (pemerintah, komersial, dan industri).

#### 3.3.2 Lokasi Tata Letak Bangunan

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya memiliki kantor pusat dan dua unit produksi. Kantor PDAM Surabaya berada di



Jalan Mayjen Prof. Dr. Moestopo No. 2 Surabaya. Lokasi unit produksi berada di tempat yang berbeda yaitu unit produksi IPAM Ngagel. Pada unit produksi IPAM Ngagel terdapat tiga instalasi, yaitu IPAM Ngagel I, II, dan III. Ketiga instalasi tersebut berada di Jalan Penjernihan No.1 Surabaya.

### 3.3.3 Zona Distribusi Pelayanan IPAM Ngagel III

PDAM melakukan pembagian zona pelayanan menjadi 5 zona pelayanan dengan maksud untuk mempermudah dalam proses distribusi air bersih ke tiap sambungan rumah. Pembagian zona pelayanan didasarkan pada wilayah yang terdekat dan berdasarkan sambungan pipa distribusi. Untuk zona 1 sampai 3 mendapat pasokan air bersih dari Instalasi Ngagel sedangkan untuk zona 4 sampai 5 mendapatkan pasokan air dari Instalasi Karang Pilang. Sistem pelayanan di wilayah kota Surabaya terdiri 148 sub zona.

Zona distribusi pelayanan pada penelitian ini berfokus pada Zona 2 yang merupakan zona distribusi pelayanan IPAM Ngagel III. Berikut ini pembagian zona pelayanan distribusi di IPAM Ngagel III pada Surabaya Timur (Lampiran G.2).

**Tabel 3. 2 Sub Zona IPAM Ngagel III**

Zona	Jumlah Pelanggan (SR)	Daerah Pelayanan	Kecamatan
204	3,727	Menur Pumpungan	Sukolilo
205	5,108	Gubeng dan Kertajaya	Gubeng
206	6,448	Kertajaya, Airlangga dan Gubeng	Gubeng
207	7,638	Gubeng, Mulyorejo dan Manyar Sebrangan	Gubeng dan Mulyorejo
208	1,338	Gubeng	Gubeng
209	3,911	Mulyorejo dan Pacar Kembang	Mulyorejo dan Tambaksari
210	1,174	Mulyorejo	Mulyorejo

<b>Zona</b>	<b>Jumlah Pelanggan (SR)</b>	<b>Daerah Pelayanan</b>	<b>Kecamatan</b>
211	5,558	Pacar Kembang dan kalijudan	Mulyorejo dan Tambaksari
212	3,316	Bratajaya, Gubeng dan Menur	Gubeng
213	6,343	Sukolilo, Medokan dan Semampir	Sukolilo
214	2,943	Medokan Semampir dan Sukolilo	Sukolilo
215	3,974	Mulyorejo dan Sukolilo	Mulyorejo dan Sukolilo
216	4,853	Dukuh Sutorejo	Mulyorejo
217	3,280	Kalisari dan sukolilo	Sukolilo dan Mulyorejo
219	5,318	Kalijudan dan Tambak sari	Mulyorejo
221	1,046	Kejawen Putih Tambak	Sukolilo
222	4,785	Keputih	Sukolilo
225	2,905	Keputih	Sukolilo
227	6,207	Manyar	Sukolilo

Sumber : PDAM Surabaya (2018)

## BAB 4 METODE PENELITIAN

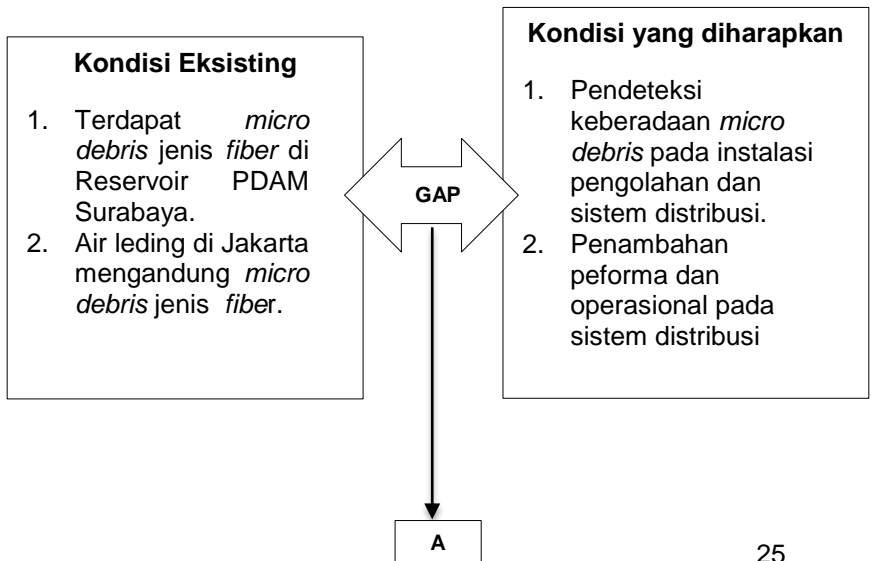
### 4.1 Umum

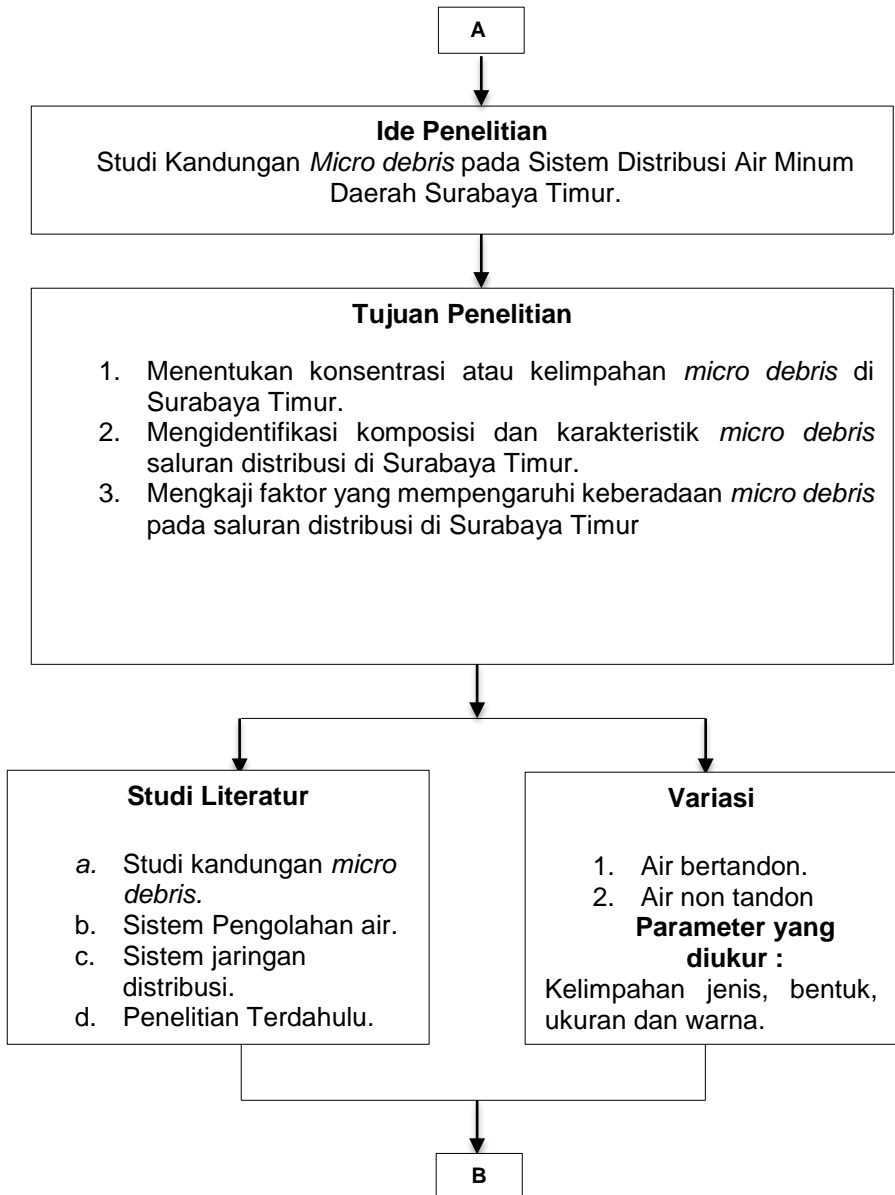
Penelitian ini dilakukan pada zona pelayanan distribusi 2 yang merupakan zona pelayanan distribusi IPAM Ngagel III di Surabaya Timur. Metode yang digunakan *membrane filter polytetrafluoroethylene (PTFE)* untuk analisis *Spectrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR)*. Analisa yang dilakukan berdasarkan variasi :

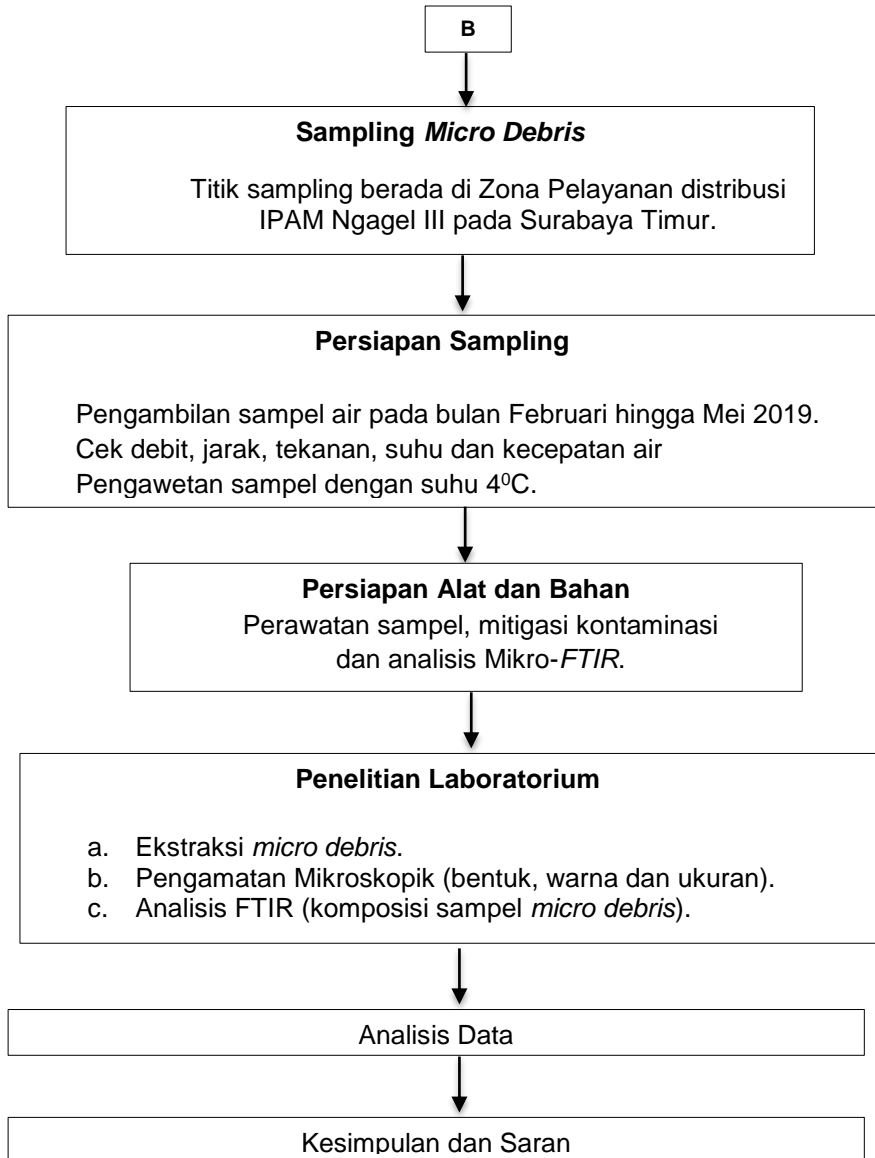
1. Air bertandon
2. Air non bertandon (air keran)

### 4.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian bertujuan dalam memberikan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian sehingga memudahkan penelitian dan penulisan laporan, memahami langkah penelitian. Kerangka penelitian dapat meminimalkan kesalahan dalam proses penelitian. Kerangka penelitian tercantum dalam Gambar 4.1







**Gambar 4. 1 Kerangka Penelitian**

#### 4.2.1 Ide Penelitian

Ide penelitian diperoleh dari perbandingan antara kondisi eksisting dengan kondisi yang diharapkan. Penelitian ini membahas mengenai studi kandungan *micro debris* pada sistem distribusi air minum daerah Surabaya Timur dengan menggunakan membran filter. Variasi yang digunakan berupa air bertandon dan air non tandon daerah pelayanan distribusi IPAM Ngagel III di daerah Surabaya Timur. Parameter yang diukur ukuran, bentuk, warna, jenis, kelimpahan dan faktor yang mempengaruhi keberadaan *micro debris*.

#### 4.2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibutuhkan guna mendapat data-data pendukung yang relevan dan realistis agar perencanaan dapat dilakukan dengan benar dan sesuai dengan kondisi lapangan. Data yang dibutuhkan dalam perencanaan ini berupa data sekunder, berikut ini penjelasannya :

- a. Peta jaringan pipa distribusi Surabaya Timur  
Peta didapatkan dari PDAM Surya Sembada Surabaya
- b. Data jarak, kecepatan aliran dan tekanan pipa  
Data didapatkan dari pemodelan kondisi jaringan distribusi menggunakan software WaterCAD V8i. Kondisi jaringan distribusi bersumber dari Tugas Akhir tentang Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran E.
- c. Literatur studi kandungan *micro debris* pada sistem distribusi

#### 4.2.3 Lokasi Sampling

Lokasi sampling adalah zona pelayanan distribusi pelayanan distribusi di daerah Surabaya Timur yaitu zona 2. Sampel *micro debris* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari saluran distribusi. Saluran tersebut terdiri dari air tandon dan non tandon (air keran). Zona 2 merupakan wilayah distribusi air PDAM Surya Sembada Surabaya yang berasal dari reservoir IPA Ngagel III. Wilayah ini meliputi Kecamatan Sukolilo, Kecamatan Mulyorejo, Kecamatan Gubeng dan Kecamatan Tambaksari.

Selain itu, wilayah Zona 2 merupakan wilayah pelayanan yang memiliki pelanggan terbanyak yaitu 79.872 pelanggan aktif. Jumlah sampling ditentukan dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum. Berikut ini perhitungan titik sampling :

**a. Jumlah Pelanggan pada Zona 2 (Zona Pelayanan IPAM Ngagel III)**

Zona pelayanan IPAM Ngagel III di Surabaya Timur memiliki jumlah pelanggan yang dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4. 1 Jumlah Pelanggan pada Zona IPAM III di Surabaya Timur**

No	Zona	Jumlah Pelanggan (SR)	No	Zona	Jumlah Pelanggan (SR)
1	204	3,727	11	214	2,943
2	205	5,108	12	215	3,974
3	206	6,448	13	216	4,853
4	207	7,638	14	217	3,280
5	208	1,338	15	219	5,318
6	209	3,911	16	221	1,046
7	210	1,174	17	222	4,785
8	211	5,558	18	225	2,905
9	212	3,316	19	227	6,207
10	213	6,343	<b>TOTAL</b>		<b>79.872</b>

**b. Penetapan titik sampel**

Penetapan titik sampel air minum harus dilaksanakan sesuai kebutuhan dapat dilihat pada Tabel 4.2, dengan ketentuan minimal sebagai berikut :

**Tabel 4. 2 Penetapan Jumlah dan Frekuensi Pengambilan Sampel Air Minum dalam Pengawasan Eksternal**

Parameter	Frekuensi Pengujian (bulan)	Jumlah sampel/jaringan distribusi		
		Jumlah penduduk yang dilayani		
		< 5000	< 5000 – 100.000	>100.000
Fisik	1	1	1 per 5000 penduduk	1 per 10.000 penduduk ditambah 5 sampel tambahan
mikrobiologi	1	1	1 per 5000 penduduk	1 per 10.000 penduduk ditambah 5 sampel tambahan
Sisa chlor*	1	1	1 per 5000 penduduk	1 per 10.000 penduduk ditambah 5 sampel tambahan
Kimia wajib	6	1	1 per 5000 penduduk	1 per 10.000 penduduk
Kimia tambahan**	6	1	1 per 5000 penduduk	1 per 10.000 penduduk

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan No. 736 Tahun 2010

### c. Jumlah titik sampel

Penetapan jumlah pengambilan sampel air menggunakan parameter fisik. Dimana penduduk yang dilayani >100.000 jiwa, jumlah minimal sampel per bulan 1 sampel per 10.000 jiwa ditambah 5 sampel tambahan. Berikut ini perhitungannya :

$$\text{Titik sampling} = \frac{\text{jumlah pelanggan} \times 4 \text{ orang}}{10.000} = \frac{79.872 \times 4}{10.000} = 31,94$$

Didapatkan titik sampling sebanyak 32 titik, namun ditambah 5 sampel tambahan (penduduk yang dilayani >100.000 jiwa). Sehingga total keseluruhan titik sampling adalah 37 titik.

### d. Lokasi sampling

Pemilihan teknik pengambilan sampel merupakan upaya penelitian untuk mendapat sampel yang representatif (mewakili),



yang dapat menggambarkan populasinya. Teknik pengambilan sampel tersebut dibagi atas 2 kelompok besar, yaitu :

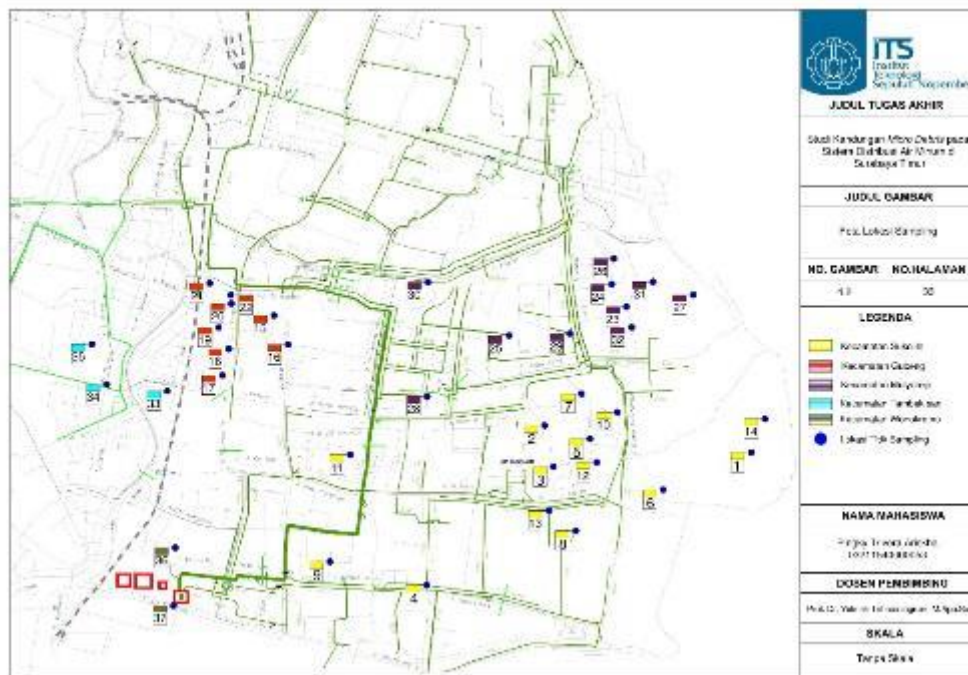
1. Probability Sampling (*Random Sample*)
2. Non Probability Sampling (*Non Random Sample*)

Pada pengambilan sampel penelitian ini menggunakan secara random, setiap unit populasi, mempunyai kesempatan yang sama untuk diambil sebagai sampel. Faktor pemilihan atau penunjukan sampel yang mana akan diambil, yang semata-mata atas pertimbangan peneliti, disini dihindarkan. Bila tidak, akan terjadi bias. Dengan cara random, bias pemilihan dapat diperkecil, sekecil mungkin. Ini merupakan salah satu usaha untuk mendapatkan sampel yang representatif. Keuntungan pengambilan sampel dengan probability sampling adalah sebagai berikut:

- Derajat kepercayaan terhadap sampel dapat ditentukan.
- Beda penaksiran parameter populasi dengan statistik sampel, dapat diperkirakan.
- Besar sampel yang akan diambil dapat dihitung secara statistik.

Pemilihan titik sampling berdasarkan aspek aksesibilitas, jalur jaringan pipa, persimpangan maupun jarak. Berikut ini lokasi sampling dapat dilihat pada gambar 4.2.

“halaman ini sengaja dikosongkan”



Gambar 4. 2 Lokasi Titik Sampling

Halaman ini sengaja dikosongkan

#### 4.2.4 Persiapan Sampling

Sampling dilakukan sebanyak dua kali pada hari yang berbeda di 37 lokasi sampling. Pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari yaitu sekitar pukul 07.00 sampai 10.00 WIB. Pengambilan sampel menggunakan botol steril sebanyak satu liter dan terbagi pada dua bagian tempat yaitu:

- a. Di reservoir IPAM Ngagel III, sampel diambil secara *grab* dari dalam reservoir;
- b. Di jaringan distribusi, pengambilan sampel air di jaringan distribusi dilakukan langsung dari keran meter air warga. Keran dihidupkan beberapa saat dan air dibiarkan mengalir. Setelah itu baru sampel diambil. Pengambilan air tandon pada tandon atas, pompa dinyalakan selama 15 menit sedangkan pada tandon bawah diambil dasar, tengah dan permukaan.

#### 4.2.5 Persiapan Alat dan Bahan

Berbagai alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

**Tabel 4. 3 Alat dan Bahan**

No	Alat Dan Bahan	Kegunaan
1	Botol Kaca Borosilikat	tahan panas dalam temperatur yang tinggi dan memiliki sifat terawang di beberapa spektrum elektromagnetis. Lalu menghindari kontaminasi <i>micro debris</i>
2	Pompa vakum	sebagai pendorong aliran air melewati media filter agar lebih cepat. Vakum yang dibutuhkan untuk filtrasi tidak perlu tekanan absolut yang terlalu besar, biasanya digunakan dengan range 250 - 100 mbar abs
3	Membran Filter	media filter untuk memisahkan partikel. Membran terbuat dari PTFE ( <i>polyether sulfone</i> ) karena dapat tahan terhadap panas bila membran disterilkan terlebih dahulu sebelum dipakai.
4	Labu ukur	Wadah dalam pengenceran larutan
5	Gelas ukur	Pengukuran volume larutan
6	Pipa volumetrik dan propipet	Mengambil volume larutan dengan volume tertentu

No	Alat Dan Bahan	Kegunaan
7	Oven Laboratorium	digunakan untuk mengeringkan gelas laboratorium, zat-zat kimia dan pelarut organik dan dapat juga digunakan untuk mengukur kadar air. Suhu oven lebih rendah dibandingkan dengan suhu tanur yaitu berkisar antara 105°C.
8	Cawan petri	Wadah zat padat, dapat digunakan dalam oven maupun <i>furnace</i> dalam metode gravimetri
9	Aquades	Untuk pembilas botol sampel
10	Hidrogen Peroksida (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) 30%	untuk menghilangkan kandungan organik yang terdapat pada sampel padatan tersaring

#### 4.2.6 Penelitian Laboratorium

##### a. Uji Lapangan

Pengukuran suhu menggunakan termometer raksa LOTUS dilakukan langsung di tempat sampling.

##### b. Ekstraksi *Micro debris*

1. Pengambilan 1 L air sampel dari masing-masing titik sampling menggunakan botol kaca borosilikat.



Gambar 4. 3 Pengambilan sampel di Tandon



**Gambar 4. 4 Pengambilan Sampel di Keran**

2. Kemudian diberi larutan Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ) 30% untuk menghilangkan organik bahan dari sampel air. Pembuatan Larutan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.
3. Sampel pra-perlakuan dilewatkan melalui serangkaian filter membran *polytetrafluoroethylene* (PTFE) (*Merck Millipore*, USA) ukuran pori 0,2  $\mu m$ . Filter berdiameter 25 mm. Sebelum digunakan diberi larutan etanol menggunakan pipet tetes.



**Gambar 4. 5 Pemberian Etanol pada Kertas Saring**

4. Perangkat penyaringan vakum tersambung ke pompa vakum digunakan untuk penyaringan.



**Gambar 4. 6 Proses Penyaringan dengan *Vakum Pump***

5. Setelah itu, filter dikeringkan selama 30 menit dan disimpan dalam cawan petri kaca tertutup.



**Gambar 4. 7 Hasil Kertas Saring yang Kering**

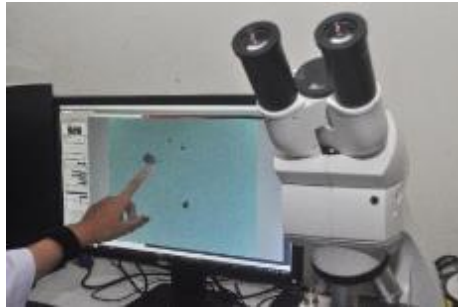
### **c. Pengamatan Mikroskopik**

Pengamatan mikroskopik (Gambar 4.7) disini bertujuan untuk memisahkan partikel *micro debris* berdasarkan warna, bentuk, dan ukurannya. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Siapkan sampel *micro debris* yang sudah di ekstraksi pada membran filter.
2. Siapkan kaca preparat yang telah tertera ukuran dari 5,6 mm hingga 0,1 mm.
3. Gunakan *dissecting microscope* pada perbesaran 40x.



4. Gunakan forsep / pinset untuk memindahkan partikel *micro debris* dari membran filter menuju kaca preparat dan letakkan serta sesuaikan pada ukurannya.
5. Pindahkan ke wadah yang lain setelah selesai diamati. Selengkapnya dapat di lihat pada Lampiran B.



**Gambar 4. 8 Analisis Mikroskopik**  
Sumber : tekno.tempo.co (2018)

#### **d. Analisis *Spectrofotometri Fourier-Transform Infrared (FTIR)***

Komposisi dari hasil sampel *micro debris* dianalisis menggunakan *Spectrofotometri Fourier Transform Infrared* Shimadzu (Gambar 4.8) dengan *Accessories Infrared Microscope 8000 (AIM 8000)*. FTIR ini memiliki ketelitian mencapai ukuran 10  $\mu\text{m}$ . Tujuan analisis FTIR disini adalah untuk mendapatkan hasil komposisi dan jenis *micro debris*.



### Gambar 4. 9 Shimadzu Infrared Microscope

Sumber : *masontechnology.ie* (2018)

#### 4.2.7 Analisis Parameter

Hubungan antar parameter dianalisis dengan uji korelasi dan uji regresi. Hubungan yang akan dilihat adalah pengaruh jarak, tekanan pipa dan kecepatan aliran tiap zona terhadap keberadaan kelimpahan *micro debris*. Uji korelasi dan uji regresi menggunakan software Minitab 2019.

- **Uji korelasi (Koefisien Korelasi)**

Koefisien korelasi berfungsi untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel. Hubungan linear antar variabel X dan Y dapat diduga dengan koefisien korelasi. Hubungan antara dua variabel itu akan kuat dan terdapat korelasi yang tinggi jika  $r$  mendekati +1 atau -1. Akan tetapi, bila  $r$  mendekati nol maka hubungan linear antara X dan Y sangat lemah atau mungkin tidak ada sama sekali. Sedangkan tanda positif (+) dan negatif (-) pada koefisien korelasi memberikan informasi mengenai arah hubungan antara dua variabel tersebut. Jika koefisien korelasi bernilai positif (+), maka kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang searah. Dalam hal ini peningkatan X akan bersamaan dengan peningkatan Y dan begitu juga sebaliknya. Jika koefisien korelasi bernilai negatif (-), maka kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang berlawanan. Dalam hal ini peningkatan X akan bersama dengan penurunan Y. Rumus dari koefisien korelasi adalah sebagai berikut.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \quad (2,1)$$

Keterangan :

- $r$  = koefisien korelasi
- $n$  = jumlah data / sampel

$x_i$  = nilai variabel X pada data / sampel ke-i

$y_i$  = nilai variabel Y pada data / sampel ke-i

$i$  = 1,2,3,.....,n

- **Regresi Linier Berganda**

Apabila banyaknya perubah bebas X terdapat lebih dari satu maka regresi tersebut dinamakan regresi linier berganda. Fokus utama dalam model regresi linier berganda terletak pada model yang menggunakan suatu variabel dependen dihubungkan dengan dua atau lebih dari variabel independen.

- a. Estimasi Model Regresi Linier Berganda**

Secara umum, persamaan regresi linier berganda dapat ditulis sebagai berikut (Nawari, 2010).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon_i \quad (2.2)$$

Keterangan :

y = variabel respon

x = variabel prediktor

$\beta_0$  = parameter regresi (konstan)

$\beta_1$  = parameter regresi 1

$\beta_2$  = parameter regresi 2

$\beta_k$  = parameter regresi ke-k

$\varepsilon_i$  = random error

- b. Uji Serentak**

Uji serentak (Uji F) adalah metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh variable bebas (X) secara bersama-sama terhadap variable terikat (Y). Langkah-langkah untuk melakukan uji serentak (uji F) adalah sebagai berikut.

- **Hipotesis :**

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$  (variabel prediktor tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel respon)

$H_1 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k \neq 0$  (variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap variabel respon)

- **Taraf Signifikan :**

$$\alpha = 0,05$$

- **Daerah Penolakan :**

$H_0$  ditolak jika ,  $F_{hitung} > F_{(v1,v2)\alpha}$  atau P-value  $< \alpha$

- **Statistik Uji :**

**Tabel 4. 4 Tabel ANOVA Uji Serentak**

Sumber Variasi	DF	SS	MS	$F_{hitung}$
Regresi	k	$SSR = b^T x^T y - n(\bar{y}^2)$	$MSR = \frac{SSR}{k}$	$\frac{MSR}{MSE}$
<i>Error</i>	n-k-1	$SSE = y^T y - b^T x^T y$	$MSE = \frac{SSE}{n - k - 1}$	
Total	n-1	$SST = y^T y - n(\bar{y}^2)$		

Keterangan :

- k = banyaknya parameter
- n = banyak sampel
- SSR = Jumlah kuadrat regresi
- SSE = jumlah kuadrat *error*
- SST = jumlah kuadrat total
- MSR = kuadrat tengah regresi
- MSE = kuadrat tengah *error*

### c. Uji Parsial

Uji parsial (Uji T) adalah metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh variable bebas (X) secara individual terhadap variable terikat (Y). Langkah-langkah untuk melakukan uji parsial (uji T) adalah sebagai berikut.

- **Hipotesis :**

$H_0$  :  $\beta_j = 0$  (variabel prediktor ke-j tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel respon) dimana  $j = 1, 2, \dots, k$

$H_0$  :  $\beta_j \neq 0$  (variabel prediktor ke-j berpengaruh signifikan terhadap variabel respon) dimana  $j = 1, 2, \dots, k$

- **Taraf Signifikan :**

$\alpha = 0,05$

- **Daerah Penolakan :**

$H_0$  ditolak jika ,  $t_{hitung} > t_{\alpha/2, (n-2)}$  atau P-value  $< \alpha$

1. **Statistik Uji :**

$$t_{hit} = \frac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)} \quad (2.3)$$

#### 4.2.8 Pembahasan

Hasil analisis data *micro debris* pada sistem distribusi IPAM Ngagel III akan dibahas lebih lanjut untuk menjawab rumusan masalah penelitian. Pembahasan akan dikelompokkan berdasarkan variasi jenis air. Lingkup pembahasan akan mencakup perbandingan distribusi, komposisi, karakteristik, jenis, dan proses terbentuknya *micro debris*, serta faktor – faktor yang mempengaruhi distribusi *micro debris*.

#### **4.2.9 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dibuat berdasarkan hasil analisis dan merupakan jawaban dari tujuan penelitian, sedangkan saran dibuat dengan maksud dan tujuan sebagai ulasan atau evaluasi bagi penelitian selanjutnya.

## BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Kelimpahan *Micro Debris* pada Saluran Distribusi di Surabaya Timur

Sistem distribusi air bersih di Surabaya Timur memiliki berbagai jalur dengan sumber pendistribusian air berasal dari Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel III. IPAM Ngagel III membagi distribusi air bersih dalam 4 wilayah yang berbeda yaitu Sukolilo, Gubeng, Mulyorejo dan Tambak Sari. Selama proses distribusi air bersih ini, telah dilakukan studi kandungan *micro debris*. Sampel yang digunakan berupa air tandon dan air keran yang diduga mengandung *micro debris* diambil dari rumah warga pada waktu dan kondisi tertentu (Lampiran C).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, semua sampel terbukti mengandung *micro debris* di 37 titik lokasi sampling. Jumlahnya bervariasi dengan perlakuan pada air tandon dan air keran sebanyak 1 L (Tabel 5.1).

**Tabel 5. 1 Kelimpahan *Micro Debris* pada Air Tandon dan Air Keran**

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (partikel/L)		Wilayah
	Air Tandon	Air Keran	
1	94,00	67,00	Sukolilo
2	78,50	63,50	
3	52,50	32,00	
4	49,00	32,00	
5	79,50	29,00	
6	101,50	32,00	
7	40,00	22,00	
8	38,50	27,50	
9	49,50	39,50	
10	82,50	18,50	

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro</i> Debris (partikel/L)		Wilayah
	Air Tandon	Air Keran	
11	48,00	36,50	
12	60,50	46,00	
13	36,50	18,00	
14	34,50	24,00	
<b>Total rata-rata</b>	<b>60,36</b>	<b>34,82</b>	
15	76,50	33,00	Gubeng
16	62,50	29,00	
17	80,50	33,00	
18	72,50	31,00	
19	47,50	23,00	
20	42,00	31,00	
21	38,50	23,00	
22	54,50	28,50	
<b>Total rata-rata</b>	<b>59,31</b>	<b>28,94</b>	
23	57,00	32,50	Mulyorejo
24	50,50	19,50	
25	74,50	20,50	
26	34,50	18,00	
27	42,00	27,50	
28	58,50	26,00	
29	51,50	22,50	
30	58,50	44,50	
31	31,50	20,50	
32	106,50	54,00	
<b>Total rata-rata</b>	<b>56,50</b>	<b>28,55</b>	
33	47,50	24,50	Tambak Sari



Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (partikel/L)		Wilayah
	Air Tandon	Air Keran	
34	53,00	29,00	
35	33,00	15,50	
<b>Total rata-rata</b>	<b>44,50</b>	<b>23,00</b>	
36	38,00	43,00	
37	38,50	22,00	Wonokromo
<b>Total rata-rata</b>	<b>38,25</b>	<b>32,50</b>	

### 5.1.1 Kelimpahan *Micro Debris* pada Sampel Air Tandon

Berdasarkan jumlah partikel *micro debris* yang ditemukan pada titik sampling (Tabel 5.1) dibagi dengan volume air yang tersaring, dapat dihitung kelimpahan partikel *micro debris* pada setiap titik sampling. Kelimpahan *micro debris* dalam air tandon rata-rata 56,61 partikel/L. Kelimpahan terbesar pada wilayah Sukolilo dengan total rata-rata 60,36 partikel/L, diikuti wilayah Gubeng (59,31 partikel/L), Mulyorejo (56,50 partikel/L), Tambak Sari (44,50 partikel/L) dan Wonokromo (38,25 partikel/L). Kelimpahan *micro debris* terbesar pada titik sampling 32 sebanyak 106,50 partikel/L sedangkan terkecil pada titik sampling 31 sebanyak 31,50 partikel/L.

### 5.1.2 Kelimpahan *Micro Debris* pada Sampel Air Keran

Kelimpahan *micro debris* dalam air keran rata-rata 30,77 partikel/L. Kelimpahan terbesar pada wilayah Sukolilo dengan total rata-rata 34,82 partikel/L, diikuti wilayah Wonokromo (32,50 partikel/L), Gubeng (28,94 partikel/L), Mulyorejo (28,55 partikel/L) dan Tambak Sari (23 partikel/L). Kelimpahan *micro debris* terbesar pada titik 1 sebanyak 67 partikel/L sedangkan terkecil pada titik 35 sebanyak 15,50 partikel/L.

### 5.1.3 Perbedaan Kelimpahan *Micro Debris* pada Air Tandon dan Air Keran

Jumlah rata-rata keseluruhan kelimpahan *micro debris* pada penelitian ini berkisar antara 43,69 partikel/L. Nilai yang diperoleh

lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Pada penelitian Kosuth *et al.* (2018) terdapat 81% *micro debris* dari 159 sampel yang diuji. Jumlah partikel *micro debris* dalam semua sampel air keran adalah 0 hingga 61 partikel/L dengan rata-rata keseluruhan 5,45 partikel/L. Namun jika dibandingkan dengan studi air minum Denmark terdapat 18 partikel/L (Lassen *et al.*, 2015). Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan metode, maupun kelompok ukuran yang digunakan (Zhao *et al.*, 2015).

Nilai kelimpahan pada penelitian ini dapat dipengaruhi oleh sumber air baku IPAM Ngagel III yang berasal dari DAM Jagir. Menurut penelitian ditemukan *micro debris* di DAM Jagir sebanyak 39,9 partikel/m<sup>3</sup> pada permukaan sungai; 35,3 partikel/m<sup>3</sup> pada setengah kedalaman sungai; dan pada dasar sungai ialah 99,2 partikel/m<sup>3</sup> (Yunus, 2019). Segmen DAM Jagir merupakan segmen yang paling krusial karena menjadi titik akumulasi dari beban pencemar dari dua segmen sebelumnya (Gunung Sari dan Joyoboyo). Selain itu, terbatasnya kapasitas pelayanan sampah sepanjang daerah yang dialiri Kali Surabaya menjadi salah satu alasan sampah dapat berakhir di Kali Surabaya dan terakumulasi di hilir. Hal ini didukung oleh penelitian Mani *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa akumulasi dari buangan, jumlah penduduk, fasilitas umum, pariwisata, dan pabrik industri di sepanjang tepi sungai meningkatkan beban *micro debris* ke arah hilir. Berdasarkan peta aliran sungai, Kali Surabaya bermuara di Selat Madura. Semakin menjauhi sumber polutan, kelimpahan *micro debris* akan lebih terpengaruh oleh polutan yang berasal dari arus laut (Barnes *et al.*, 2009). Sehingga dapat dikatakan bahwa pencemaran *micro debris* di titik DAM Jagir juga dipengaruhi oleh partikel *debris* dari muara Kali Surabaya.

Faktor lain yang dapat memengaruhi kelimpahan *micro debris* di perairan adalah kecepatan alir, kedalaman, topografi bawah dan variabilitas musiman arus air (Simpson *et al.*, 2005). Selain adanya pengaruh fisik di perairan, jumlah *micro debris* baik di wilayah DAM Jagir dipengaruhi oleh padatnya permukiman yang berada di sepanjang sungai yang menghasilkan limbah *debris* yang cukup banyak. Menurut Barnes *et al.* (2009), kepadatan sampah *debris* berkorelasi kuat dengan jumlah manusia di suatu wilayah. *Debris* yang dihasilkan oleh aktivitas manusia di sekitar

perairan akan menumpuk dalam waktu yang cukup lama disebabkan kecepatan aliran sungai yang memungkinkan untuk mengalami fragmentasi menjadi ukuran yang lebih kecil. Kelimpahan *micro debris* ini dapat meningkat apabila semakin banyak *debris* yang masuk dan menumpuk di perairan.

Perbedaan jumlah kelimpahan *micro debris* di air tandon dan air keran diperkirakan disebabkan oleh berbagai faktor-faktor lain seperti sumber bahan baku air, waktu tinggal air (*settling*), tekanan pipa, kecepatan aliran, jenis pipa, debit air dan kegiatan manusia di sekitarnya. Hal ini sesuai penelitian Pivokonsky *et al.* (2018) menyatakan bahwa air pada reservoir (bak penampung), keberadaan *micro debris* menyesuaikan jenis badan air dan terutama lingkungan sekitarnya. Selain itu, reservoir kapasitas besar memiliki waktu tinggal air lama dan adanya pengendapan partikel yang tidak diinginkan (termasuk *micro debris*) untuk beberapa waktu tertentu dapat menyebabkan keberadaan *micro debris* terakumulasi. Keberadaan *micro debris* dapat juga dari reservoir yang jauh lebih kecil dan di mana waktu tinggal air lebih pendek (Pivokonsky *et al.*, 2018). Sehingga dapat diperkirakan perbedaan kelimpahan *micro debris* di air tandon cenderung lebih dominan dibanding air keran.

Keberadaan *Micro debris* pada kedua sampel air ditemukan jenis *fiber*, *fragment* dan *film*. Jenis *fiber* mendominasi, disebabkan *fiber* memiliki densitas lebih besar dari densitas air (Goldstein, 2012). *Fiber* seperti *polyester*, akrilik, dan poliamida (nilon) memiliki ukuran lebih kecil, namun polimer tersebut mampu tenggelam ke dasar perairan. Ukuran kecil dari *micro debris* yang ada di dasar air bukan hanya dipengaruhi oleh densitas bahan dari *micro debris* tersebut tetapi juga dapat disebabkan oleh faktor lainnya. Pada kasus penelitian ini, diduga *micro debris* terakumulasi dalam waktu yang cukup lama di tandon maupun pipa sehingga terjepit pada dasar air yang berupa lumpur dan menempel pada *micro debris*. Hal ini diduga menyebabkan peningkatan densitas dari *micro debris*, selain itu adanya kemungkinan terjadinya proses *biofouling* oleh organisme yang menyebabkan *micro debris* mencapai dasar air. Selain itu, *micro debris* yang masuk ke lingkungan akan terakumulasi di perairan dan tidak mudah dihilangkan karena sifatnya yang persisten.

Berdasarkan Lampiran H.1, dapat dilihat distribusi bentuk partikel *micro debris* pada saluran distribusi. Sistem distribusi air bersih di Surabaya Timur memiliki jalur dalam 4 wilayah yang berbeda yaitu Sukolilo, Gubeng, Mulyorejo dan Tambak Sari. Distribusi partikel *micro debris* pada air tandon terbesar daerah Sukolilo sebanyak 60,36 partikel/L dan terkecil daerah Wonokromo 38,25 partikel/L. Pada air keran, distribusi *micro debris* terbesar daerah Sukolilo sebanyak 34,82 partikel/L dan terkecil daerah Tambak Sari sebanyak 23 partikel/L. Terjadi perbedaan hasil kelimpahan partikel *micro debris* tiap daerah, hal ini menunjukkan bahwa sebagian dari *micro debris* terakumulasi saat proses distribusi.

## 5.2 Komposisi, Karakteristik, dan Jenis *Micro Debris*

Identifikasi komposisi, karakteristik dan jenis partikel *micro debris* menggunakan *stereomikroskopi* dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Data disajikan dalam bentuk, ukuran, dan warna dari pengamatan mikroskopik hasil ekstraksi *micro debris* pada 37 titik lokasi sampling di Surabaya Timur dijelaskan sebagai berikut:

### 5.2.1 Bentuk *Micro Debris*

Berdasarkan data pengamatan mikroskopik, bentuk dikategorikan menjadi *line/fiber*, *fragment*, dan *film* (Gambar 5.1)

**Tabel 5. 2 Data Bentuk *Micro Debris* pada Air Tandon**

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (Partikel/L)			Wilayah
	<i>Line/Fiber</i>	<i>Fragment</i>	<i>Film</i>	
1	91,5	2,5	0,0	Sukolilo
2	77,0	0,0	1,5	
3	50,5	0,5	1,5	
4	49,0	0,0	0,0	
5	79,5	0,0	0,0	
6	100,0	0,0	1,5	
7	39,5	0,0	0,5	

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (Partikel/L)			Wilayah
	<i>Line/Fiber</i>	<i>Fragment</i>	<i>Film</i>	
8	37,0	1,0	0,5	
9	49,0	0,0	0,5	
10	81,0	0,0	1,5	
11	45,5	2,0	0,5	
12	60,0	0,0	0,5	
13	34,5	0,5	1,5	
14	33,5	0,0	1,0	
<b>Total rata-rata</b>	<b>59,1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	
15	75,0	0,0	1,5	Gubeng
16	62,5	0,0	0,0	
17	80,5	0,0	0,0	
18	72,0	0,5	0,0	
19	47,0	0,0	0,5	
20	40,5	1,0	0,5	
21	38,5	0,0	0,0	
22	53,5	0,5	0,5	
<b>Total rata-rata</b>	<b>58,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	
23	57,0	0,0	0,0	Mulyorejo
24	50,5	0,0	0,0	
25	74,5	0,0	0,0	
26	34,5	0,0	0,0	
27	42,0	0,0	0,0	
28	57,0	1,5	0,0	
29	44,5	3,0	4,0	
30	56,5	1,5	0,5	

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (Partikel/L)			Wilayah
	<i>Line/Fiber</i>	<i>Fragment</i>	<i>Film</i>	
31	30,0	1,0	0,5	
32	105,5	1,0	0,0	
<b>Total rata-rata</b>	<b>55,2</b>	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>	
33	47,0	0,5	0,0	
34	51,0	0,0	2,0	Tambak Sari
35	33,0	0,0	0,0	
<b>Total rata-rata</b>	<b>43,7</b>	<b>0,2</b>	<b>0,7</b>	
36	38,0	0,0	0,0	
37	38,5	0,0	0,0	Wonok Room
<b>Total rata-rata</b>	<b>38,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	

Berdasarkan data pengamatan bentuk partikel *micro debris* dapat dilihat pada Tabel 5.2. Bentuk partikel *micro debris* dalam air tandon didominasi *fiber/line* rata-rata 55,6 partikel/L, *fragment* (0,5 partikel/L) dan *film* (0,6 partikel/L). Berdasarkan bentuk fiber *micro debris* terbesar pada wilayah Sukolilo dengan total rata-rata 59,1 partikel/L, diikuti wilayah Gubeng (58,7 partikel/L), Mulyorejo (55,2 partikel/L), Tambak Sari (43,7 partikel/L) dan Wonokromo (38,3 partikel/L).

Kelimpahan bentuk *fiber* pada titik 37 (reservoir IPAM Ngagel III) terdapat *micro debris* berbentuk *fiber* (38,50 partikel/L). Titik 9 merupakan salah satu jarak terdekat dari titik 37, titik tersebut terjadi penambahan *micro debris* berbentuk *fiber* (49 partikel/L) dan *film* (0,5 partikel/L). Hal ini disebabkan adanya akumulasi dari proses sistem distribusi berlangsung. Pada titik selanjutnya, titik 4 terdapat *micro debris* jenis *fiber* (49 partikel/L). Berdasarkan hasil pengamatan dari tiga titik tersebut menunjukkan keberadaan *micro debris* mudah terbawa aliran air. Bentuk *fiber* merupakan bentuk *micro debris* yang mendominasi, disebabkan

*fiber* memiliki densitas lebih besar dari densitas air. Sedangkan *fragment* dan *film* memiliki densitas lebih kecil dari air (Goldstein, 2012). Pada kasus penelitian ini, diduga *micro debris* terakumulasi dalam waktu yang cukup lama di dasar air pada tandon maupun pipa yang berupa lumpur. Hal ini diduga menyebabkan peningkatan densitas dari *micro debris*, selain itu adanya kemungkinan terjadinya proses *biofouling* oleh organisme yang menyebabkan *micro debris* mencapai dasar air. Selanjutnya, *micro debris* yang masuk ke perairan terakumulasi dan tidak mudah dihilangkan karena sifatnya yang persisten.

Kelimpahan bentuk terbesar pada titik 32 sebanyak 105,5 partikel/L sedangkan terkecil pada titik 31 sebanyak 30 partikel/L. Bentuk *fragment* paling banyak ditemukan pada titik 29 dengan 3 partikel/L sedangkan pada *film* titik 29 sebanyak 4 partikel/L. Perbedaan bentuk *micro debris* ini diduga adanya pengambilan sampel yang tidak kontinu dan acak sehingga faktor jarak dekat maupun jauh tidak berpengaruh. Selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran H.2 untuk distribusi bentuk *micro debris* pada air tandon.

**Tabel 5. 3 Data Bentuk *Micro Debris* pada Air Keran**

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (Partikel/L)			Wilayah
	<i>Line/Fiber</i>	<i>Fragment</i>	<i>Film</i>	
1	63,50	1,50	2,00	Sukolilo
2	62,00	1,00	0,00	
3	31,00	0,00	1,00	
4	30,50	0,50	1,00	
5	29,00	0,00	0,00	
6	32,00	0,00	0,00	
7	22,00	0,00	0,00	
8	25,00	0,00	2,50	
9	36,00	2,00	1,50	
10	18,50	0,00	0,00	
11	36,00	0,00	0,50	

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (Partikel/L)			Wilayah
	<i>Line/Fiber</i>	<i>Fragment</i>	<i>Film</i>	
12	46,00	0,00	0,00	
13	12,50	3,00	2,50	
14	23,00	1,00	0,00	
<b>Total rata-rata</b>	<b>33,36</b>	<b>0,64</b>	<b>0,79</b>	
15	32,50	0,00	0,50	Gubeng
16	29,00	0,00	0,00	
17	33,00	0,00	0,00	
18	31,00	0,00	0,00	
19	23,00	0,00	0,00	
20	30,50	0,50	0,00	
21	23,00	0,00	0,00	
22	28,50	0,00	0,00	
<b>Total rata-rata</b>	<b>28,81</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	
23	32,50	0,00	0,00	Mulyorejo
24	19,50	0,00	0,00	
25	20,50	0,00	0,00	
26	16,50	0,50	1,00	
27	27,50	0,00	0,00	
28	25,50	0,50	0,00	
29	22,50	0,00	0,00	
30	44,50	0,00	0,00	
31	20,00	0,00	0,50	
32	54,00	0,00	0,00	
<b>Total rata-rata</b>	<b>28,30</b>	<b>0,10</b>	<b>0,15</b>	
33	23,50	0,50	0,50	Tambak Sari

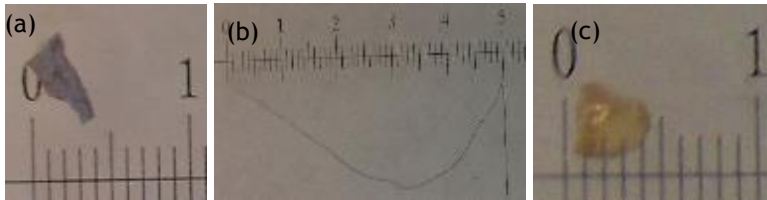


Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (Partikel/L)			Wilayah
	<i>Line/Fiber</i>	<i>Fragment</i>	<i>Film</i>	
34	28,00	0,00	1,00	
35	15,50	0,00	0,00	
<b>Total rata-rata</b>	<b>22,33</b>	<b>0,17</b>	<b>0,50</b>	
36	43,00	0,00	0,00	
37	21,50	0,50	0,00	Wonokromo
<b>Total rata-rata</b>	<b>32,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,00</b>	

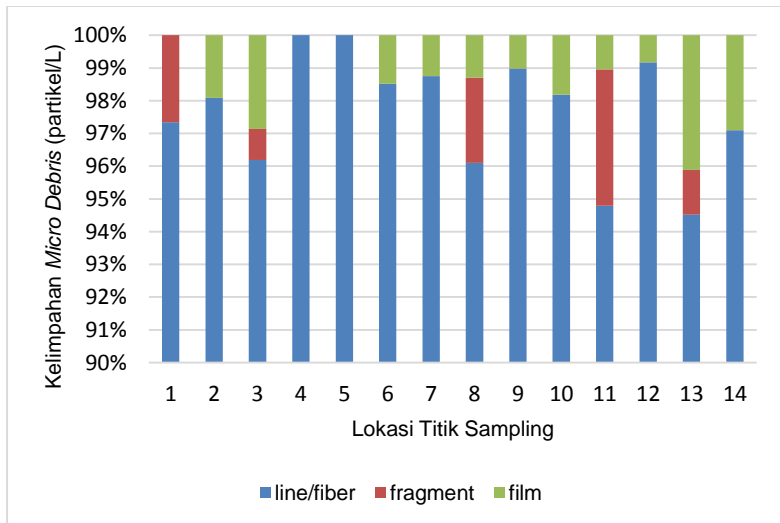
Bentuk partikel *micro debris* dalam air keran didominasi *fiber* rata-rata 30,1 partikel/L, *fragment* (0,3 partikel/L) dan *film* (0,4 partikel/L). *Micro debris* bentuk *fiber* terbesar terdapat pada wilayah Sukolilo (33,36 partikel/L), diikuti wilayah Wonokromo (32,25 partikel/L), Mulyorejo (28,81 partikel/L), Gubeng (28,30 partikel/L), dan Tambak Sari (22,33 partikel/L). Kelimpahan *fiber* terbesar pada titik 1 sebanyak 63,50 partikel/L sedangkan terkecil pada titik 13 sebanyak 12,50 partikel/L. Bentuk *fragment* paling banyak ditemukan pada titik 13 dengan 3 partikel/L sedangkan pada *film* titik 8 dan 13 sebanyak 2,5 partikel/L.

Kelimpahan *micro debris* mengalami perbedaan bentuk di semua titik pengamatan. Pada titik 33 terdapat *micro debris* bentuk *fiber* (23,50 partikel/L), *film* (0,5) dan *fragment* (0,5 partikel/L). Titik 34 merupakan salah satu jarak terdekat dari titik 37, titik tersebut terjadi penambahan jumlah partikel *micro debris* berbentuk *fiber* (28 partikel/L) dan *film* (1 partikel/L). Hal ini disebabkan adanya akumulasi dari proses sistem distribusi berlangsung. Pada titik selanjutnya, titik 35 terdapat *micro debris* jenis *fiber* (15,50 partikel/L). Berdasarkan hasil pengamatan dari tiga titik tersebut menunjukkan keberadaan *micro debris* mudah terbawa aliran air. Selain itu sistem distribusi berupa *loop*, sistem *loop* bertujuan agar air mengalir secara kontinu sehingga air dalam pipa tidak terlau lama. Kondisi *loop* juga menyebabkan jalur pipa yang dilewati air untuk menuju ke rumah warga tersebut berbeda-beda. Tekanan pipa pada titik 33 sebesar 10,2 N/m<sup>2</sup>, jarak 5054 m dan kelimpahan

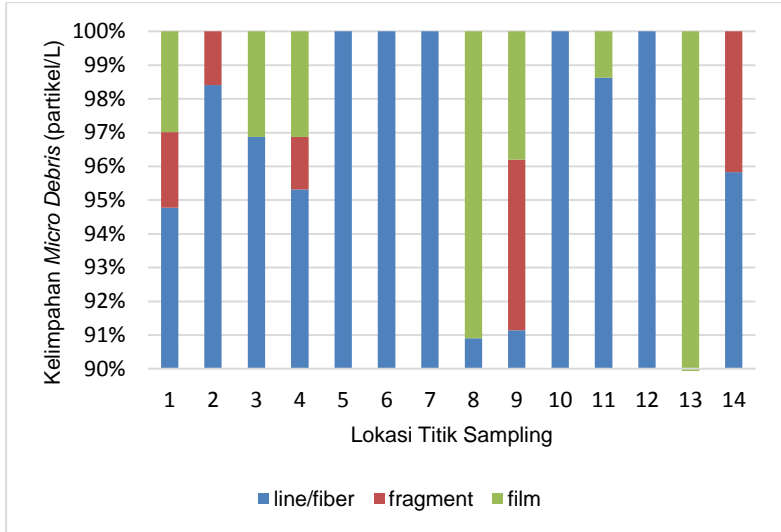
*micro debris* 24,50 partikel/L sedangkan tekanan pipa pada titik 34 sebesar 8,8 N/m<sup>2</sup>, jarak 6852 m dan kelimpahan *micro debris* 29 partikel/L. Adanya sistem *loop* ini mengakibatkan tekanan tiap pipa dalam jarak terdekat hampir sama namun memiliki kelimpahan *micro debris* berbeda. Sehingga kemungkinan keberadaan *micro debris* dapat tersebar secara acak dalam jaringan pipa. Selengkapanya dapat dilihat pada Lampiran H.3.



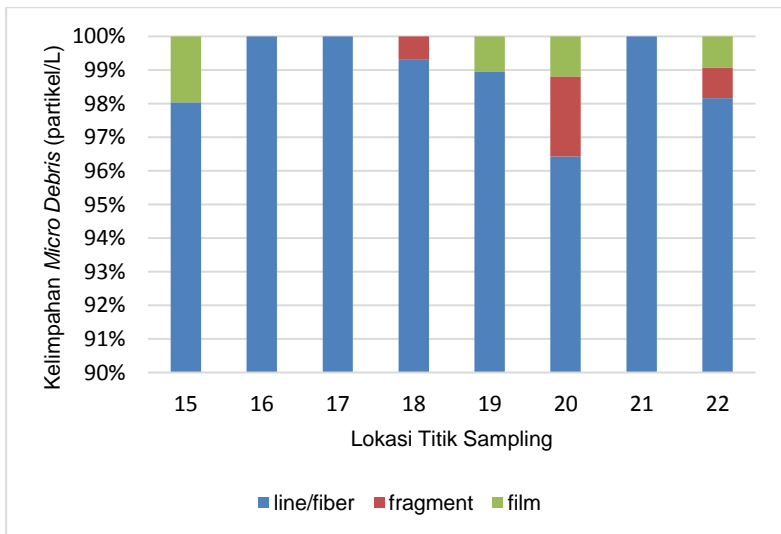
**Gambar 5. 1 Bentuk *Micro Debris*: (a) *Fragment*, (b) *Fiber*, (c) *Film***



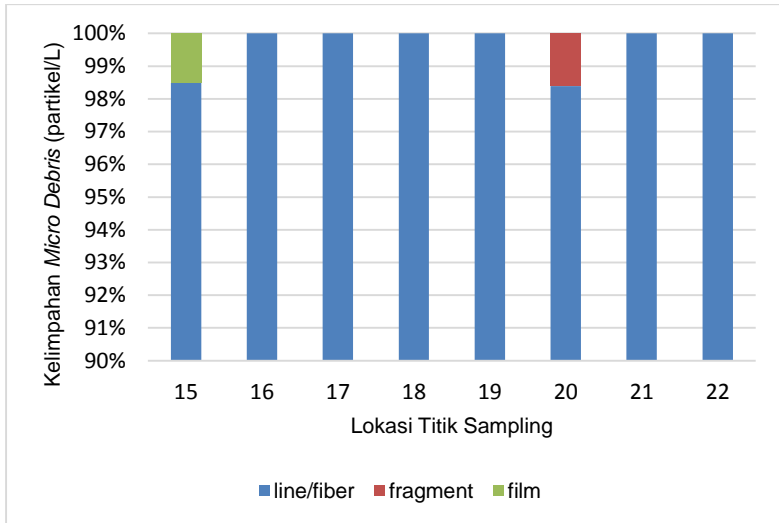
**Gambar 5. 2 Distribusi Bentuk *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Sukolilo**



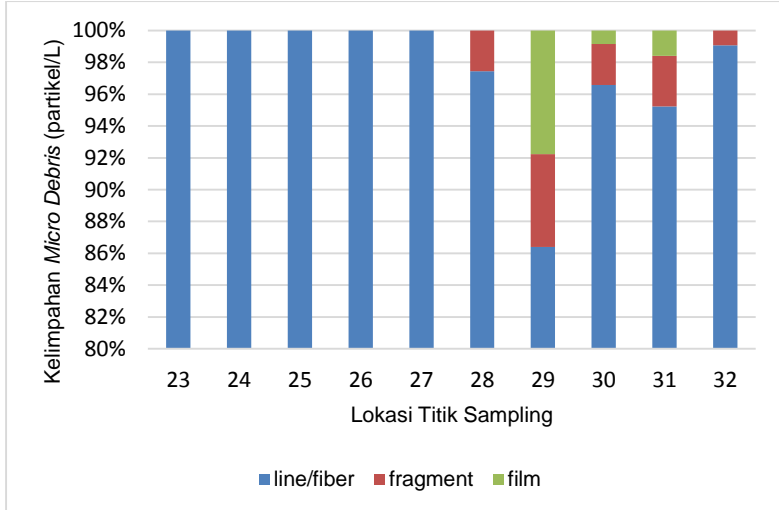
**Gambar 5. 3 Distribusi Bentuk *Micro Debris* pada Air Keran Daerah Sukolilo**



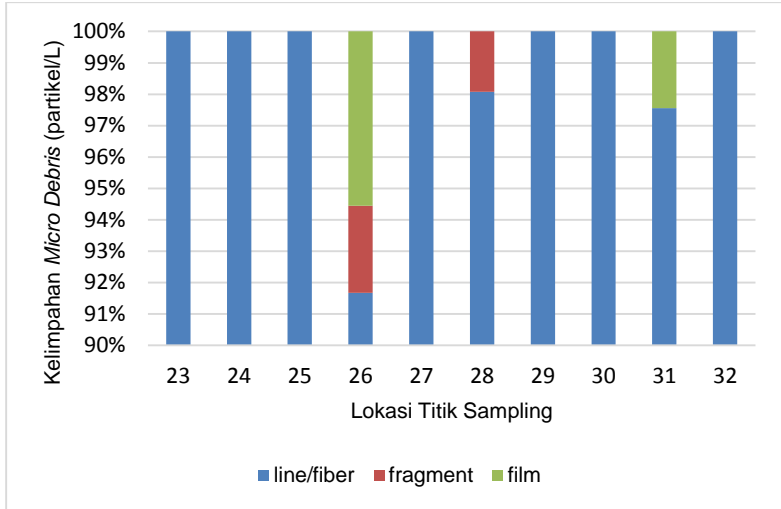
**Gambar 5. 4 Distribusi Bentuk *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Gubeng**



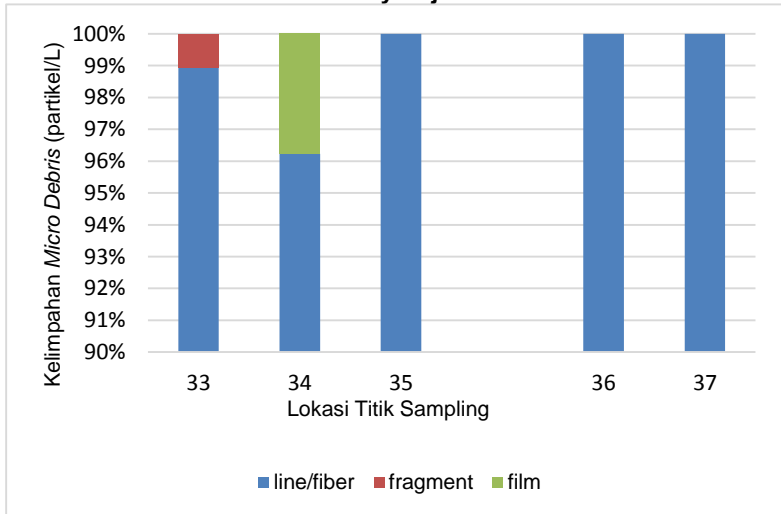
**Gambar 5. 5 Distribusi Bentuk *Micro Debris* pada Air Keran Daerah Gubeng**



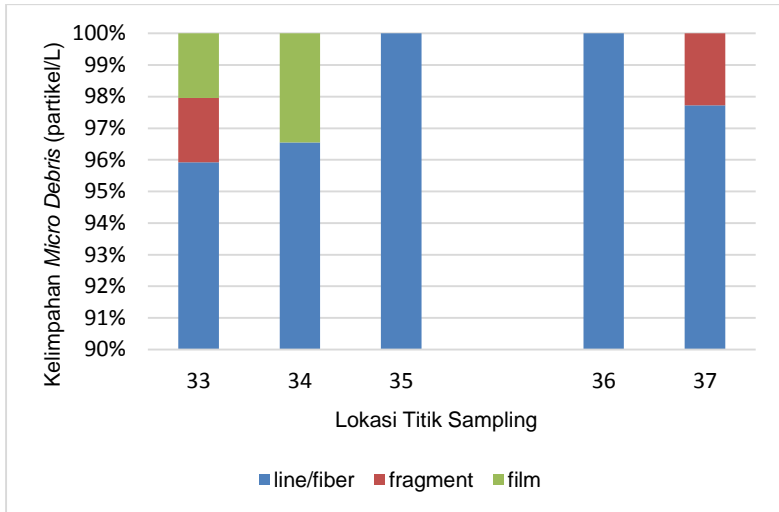
**Gambar 5. 6 Distribusi Bentuk *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Mulyorejo**



**Gambar 5. 7** Distribusi Bentuk *Micro Debris* pada Air Keran Daerah Mulyorejo



**Gambar 5. 8** Distribusi Bentuk *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Tambak Sari dan Wonokromo



**Gambar 5. 9 Distribusi Bentuk *Micro Debris* pada Air Keran Daerah Tambak Sari dan Wonokromo**

Pada air tandon dan air keran didominasi oleh bentuk *fiber*, *film* dan *fragment*. Pada air tandon, bentuk *fiber* ditemukan di semua titik sampling dengan persentase antara 86–100%. Bentuk *film* dan *fragment* hanya beberapa titik, untuk *film* dengan presentase 0-6% sedangkan *fragment* presentase 0-8%. Sedangkan pada air keran, bentuk *film* mendominasi (0–17%) dan *fragment* antara 0–14%. Bentuk *fiber* di air keran ditemukan dengan persentase 69-100%. Hasil yang berbeda yang diperoleh pada masing-masing lokasi membuktikan bahwa posisi *micro debris* di kolom air dapat beragam dalam lingkungan dan *debris* dengan *low density*, seperti *polypropylene* dan *polyethylene* akan tenggelam dalam air jika *debris* bertemu dengan gelombang (Cole *et al.*, 2011).

*Micro debris* berbentuk *fiber* di lingkungan kemungkinan besar berasal dari bahan tekstil (Andrady, 2017). Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa proses pencucian pakaian dapat menyebabkan pelepasan >1900 atau sebanyak 700.000 *fiber* per 6 kg kain (Browne *et al.*, 2011; Napper dan Thompson,

2016). Hal ini sesuai dengan Hernandez *et al.* (2017) dan Peng *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa mayoritas *micro debris* berbentuk *fiber* yang ditemukan di lingkungan dapat berasal dari limbah domestik sebagai konsekuensi dari pencucian pakaian dan produk pembersih harian seperti serat mikro dari kosmetik. Serat akibat pencucian pakaian dapat berasal dari bahan poliester, akrilik, dan poliamida yang dapat mencapai lebih dari 100 serat per liter. Disisi lain, serat dapat berasal dari bahan tali dan kegiatan perikanan di wilayah studi juga memungkinkan terjadinya pelepasan *micro debris* ke lingkungan (Andrady, 2011; Thompson *et al.*, 2004). Sumber *fiber* memiliki waktu tinggal yang relatif lebih lama di wilayah perairan, baik di perairan alami maupun buatan (Zubris *et al.*, 2005). Sumber sekunder ini menjadi sumber utama *micro debris* dalam lingkungan (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012).

Adapun jenis *fragment* dan *film* adalah bagian tersedikit dari *micro debris* yang ditemukan. Tipe *fragment* merupakan salah satu *micro debris* dari sumber sekunder yang sering dikaitkan dengan daerah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi (Browne *et al.*, 2011; Ballent *et al.*, 2012; Desforges *et al.*, 2014). *Fragment micro debris* terdiri dari *polypropylene*, *polyethylene*, *polystyrene*, *polyester*, dan *polyvinyl chloride* (Andrady 2011; Browne *et al.*, 2010; Claessens *et al.*, 2011; Cole *et al.*, 2011), yang umumnya digunakan dalam produk konsumen (misalnya, kantong, botol, topi, wadah, dll) dan kemungkinan berasal dari pecahan *macro debris* yang melalui proses fisik dan kimia, ataupun bantuan panas dan cahaya (Cole *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2010) yang menghasilkan bentuk fragmen yang tidak beraturan (Browne *et al.*, 2010).

Dibandingkan dengan kekerasan *fragment*, kantong dan kemasan *debris* yang lebih tipis, lebih lembut mungkin menjadi sumber utama *micro debris* berbentuk *film* (Teuten *et al.*, 2007). Keberadaan jenis *fragment* dan *film* yang ditemukan telah mengalami proses degradasi yang cukup lama. Menurut Claessens *et al.* (2013) penyebab fragmentasi *debris* berukuran makro menjadi mikro disebabkan karena adanya radiasi sinar ultraviolet, gaya mekanik dari gelombang air, bahan yang bersifat oksidatif dari *debris*, serta sifat hidrolitik dari air. Di DAM Jagir *micro*

*debris* berbentuk *fragment* dengan rata-rata partikel 109,9 per m<sup>3</sup> (Yunus, 2019). Hal ini dipengaruhi banyaknya sumber *debris* yang terfragmentasi. Bentuk *micro debris* di DAM jagir diantaranya *fiber*, *fragment*, *film*, *foam* dan *pellet*. DAM Jagir sebagai sumber air baku IPAM mengakibatkan air mengandung beragam jenis *micro debris* dengan adanya pengambilan air baku ke instalasi pengolahan. Keberadaan *micro debris* ini dipengaruhi pengaruh arus air yang diduga membawa *micro debris* dari wilayah sekitarnya. Sehingga pada proses distribusi ke masyarakat diduga air mengandung jenis *fragment* dan *film* yang lolos dari unit pengolahan air. Selain itu, *Micro debris* jenis *film* mempunyai densitas yang lebih rendah sehingga cenderung mengapung di kolom perairan lebih mudah ditransportasikan (Hastuti *et al.*, 2014).

Sementara *foam* dan *pellet* adalah bentuk *micro debris* yang tidak ditemukan pada air tandon maupun air keran. *Foam* dapat berasal dari bahan kemasan makanan dan *pellet* dapat berasal dari bahan mentah *debris* atau produk perawatan pribadi seperti pembersih wajah (Fendall dan Sewell, 2009).

### 5.2.2 Warna *Micro debris*

Identifikasi selanjutnya yaitu warna pada partikel *micro debris* yang berhasil dikumpulkan dari air tandon dan air keran kaya akan warna seperti transparan, biru, hitam, putih, merah, kuning dan warna buatan lainnya. Berdasarkan pengamatan pada sampel air transparan dan hitam adalah warna dominan dari seluruh sampel.

**Tabel 5. 4 Data Warna *Micro Debris* pada Air Tandon**

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (partikel/L)					
	Biru	Hitam	Kuning	Transparan	Putih	Merah
1	25	20	3	15	13	19
2	23	14	1	4	30	8
3	9	20	1	10	7	7
4	6	12	3	12	12	5



Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (partikel/L)					
	Biru	Hitam	Kuning	Transparan	Putih	Merah
5	16	31	0	18	3	8
6	21	30	4	19	18	11
7	5	10	2	9	5	9
8	7	5	1	17	3	5
9	6	7	1	12	8	17
10	12	14	4	24	21	8
11	10	6	1	14	7	7
12	7	17	14	2	15	6
13	9	6	3	2	14	3
14	8	4	1	10	11	2
<b>Total rata-rata</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>8</b>
15	11	19	2	30	10	6
16	13	20	1	14	13	3
17	10	30	3	11	22	5
18	15	30	3	12	8	5
19	10	21	5	0	6	6
20	10	8	5	8	6	7
21	2	11	3	8	11	5
22	3	10	16	10	9	8
<b>Total rata-rata</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>5</b>
23	8	25	0	8	12	5
24	8	12	2	15	13	4
25	12	26	1	12	14	11
26	13	8	0	2	9	4
27	11	9	1	10	6	7
28	10	22	1	14	8	5

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (partikel/L)					
	Biru	Hitam	Kuning	Transparan	Putih	Merah
29	5	23	4	4	12	4
30	9	24	1	11	9	5
31	8	10	2	11	1	0
32	26	35	4	29	11	3
<b>Total rata-rata</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>5</b>
33	14	6	1	23	1	4
34	17	9	2	15	5	5
35	3	14	0	5	8	4
<b>Total rata-rata</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
36	8	16	2	2	9	3
37	12	13	0	4	5	5
<b>Total rata-rata</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>4</b>

Berdasarkan Tabel 5.4, warna partikel *micro debris* dalam air tandon didominasi warna hitam rata-rata 15,9 partikel/L, transparan (11,3 partikel/L), biru (10,7 partikel/L), putih (9,9 partikel/L), merah (5,9 partikel/L), dan kuning (2,4 partikel/L). Berdasarkan jumlah warna *micro debris* terbesar pada wilayah Sukolilo dengan warna biru (12 partikel/L), hitam (14 partikel/L), kuning (3 partikel/L), transparan (12 partikel/L), putih (12 partikel/L), dan merah (8 partikel/L). Sedangkan jumlah warna yang terkecil pada wilayah Wonokromo yaitu warna biru (10 partikel/L), hitam (15 partikel/L), kuning (1 partikel/L), transparan (3 partikel/L), putih (7 partikel/L), merah (4 partikel/L).

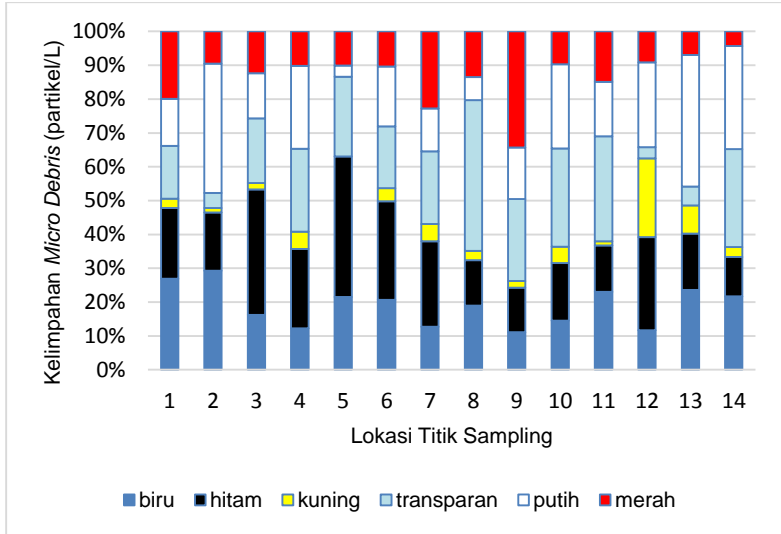
**Tabel 5. 5 Data Warna *Micro Debris* pada Air Keran**

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (Partikel/L)					
	Biru	Hitam	Kuning	Transparan	Putih	Merah
1	16	14	6	13	10	10
2	12	16	2	2	25	7

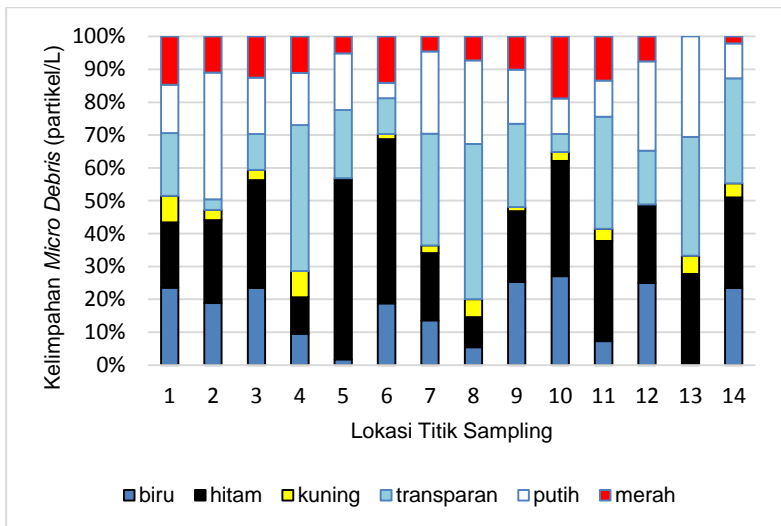
Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (Partikel/L)					
	Biru	Hitam	Kuning	Transparan	Putih	Merah
3	8	11	1	4	6	4
4	3	4	3	14	5	4
5	1	16	0	6	5	2
6	6	16	1	4	2	5
7	3	5	1	8	6	1
8	2	3	2	13	7	2
9	10	9	1	10	7	4
10	5	7	1	1	2	4
11	3	13	2	14	5	6
12	12	11	0	8	13	4
13	0	5	1	7	6	0
14	6	7	1	8	3	1
<b>Total rata-rata</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>4</b>
15	9	9	1	10	2	3
16	5	8	2	9	2	5
17	5	16	7	4	0	2
18	7	9	0	0	6	10
19	7	10	0	0	7	0
20	15	5	0	1	8	3
21	2	6	1	7	4	3
22	3	11	1	5	7	2
<b>Total rata-rata</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
23	6	16	2	3	4	4
24	5	5	1	4	3	3
25	1	6	0	7	5	3
26	3	11	1	1	3	0

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (Partikel/L)					
	Biru	Hitam	Kuning	Transparan	Putih	Merah
27	3	7	1	10	5	3
28	6	10	0	5	6	1
29	2	7	0	4	4	7
30	7	17	0	15	5	2
31	4	8	0	6	1	2
32	14	22	1	7	0	11
<b>Total rata-rata</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
33	4	9	1	7	0	5
34	8	6	1	9	3	4
35	4	3	2	3	2	3
<b>Total rata-rata</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
36	17	13	0	6	4	4
37	5	8	4	2	3	1
<b>Total rata-rata</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

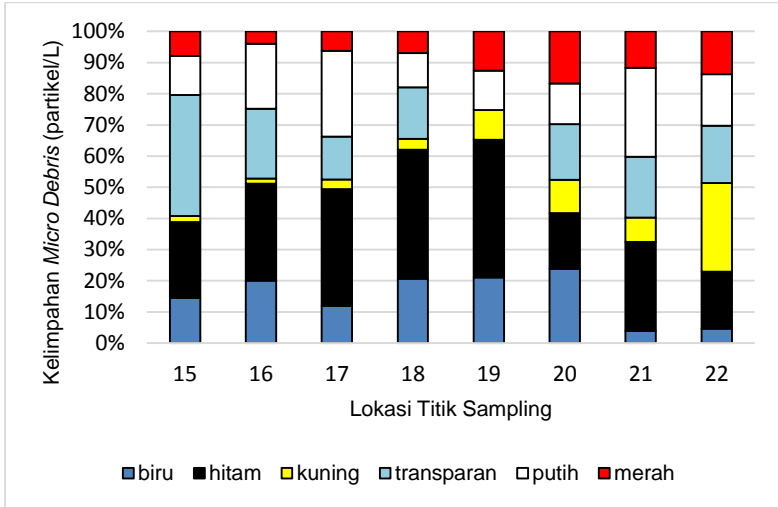
Berdasarkan data pengamatan warna partikel *micro debris* partikel *micro debris* dalam air keran didominasi warna hitam rata-rata 9,41 partikel/L, transparan (6,16 partikel/L), biru (5,96 partikel/L), putih (4,77 partikel/L), merah (3,43 partikel/L), dan kuning (1,09 partikel/L). Berdasarkan jumlah warna *micro debris* terbesar pada wilayah Sukolilo dengan warna biru (6 partikel/L), hitam (9 partikel/L), kuning (1 partikel/L), transparan (8 partikel/L), putih (7 partikel/L), dan merah (4 partikel/L). Sedangkan jumlah warna yang terkecil pada wilayah Tambak Sari yaitu warna biru (5 partikel/L), hitam (6 partikel/L), kuning (1 partikel/L), transparan (6 partikel/L), putih (2 partikel/L), merah (4 partikel/L).



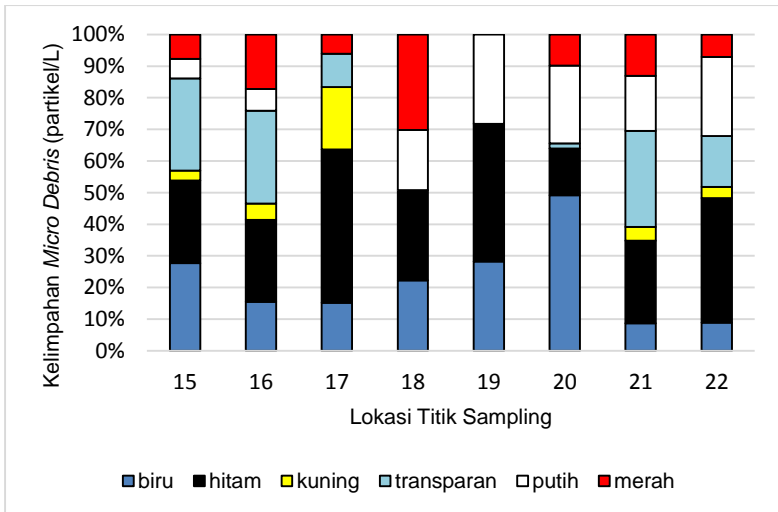
**Gambar 5. 10 Distribusi Warna *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Sukolilo**



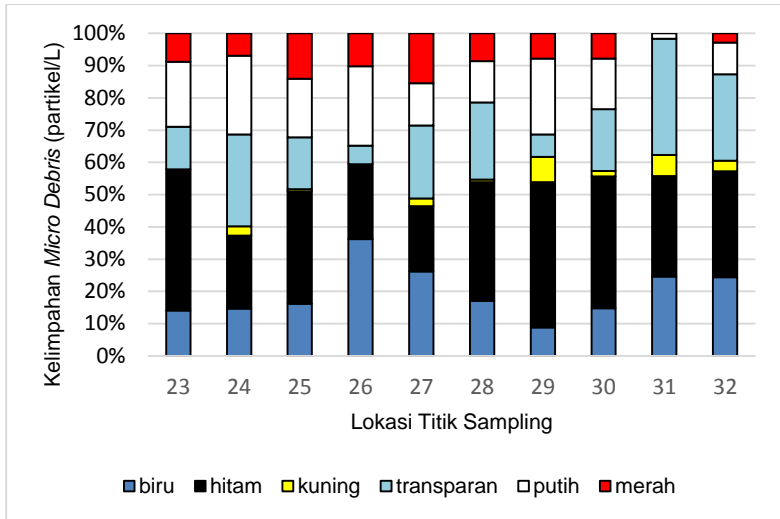
**Gambar 5. 11 Distribusi Warna *Micro Debris* pada Air Keran Daerah Sukolilo**



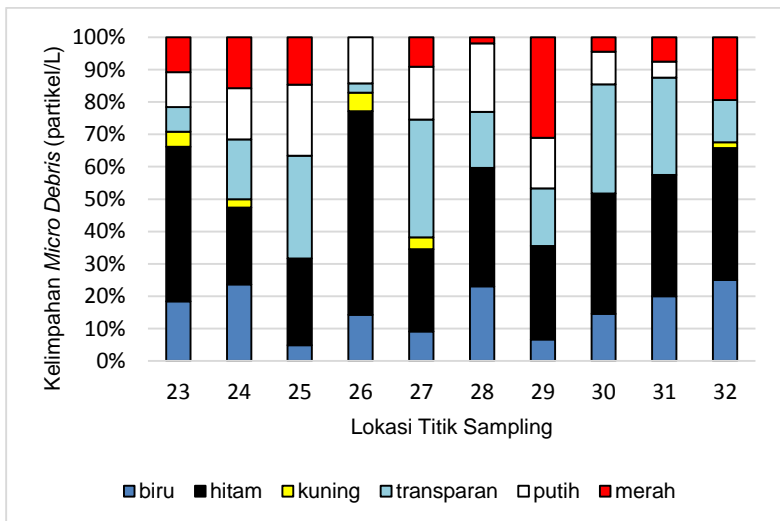
**Gambar 5.12** Distribusi Warna *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Gubeng



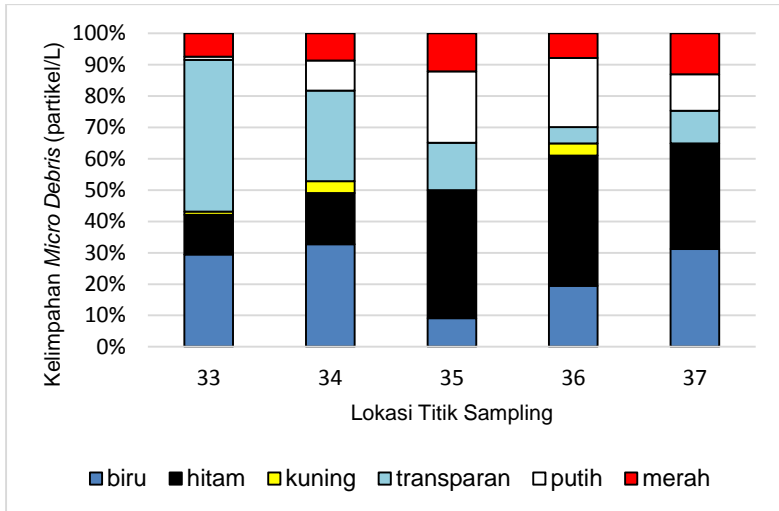
**Gambar 5.13** Distribusi Warna *Micro Debris* pada Air Keran Daerah Gubeng



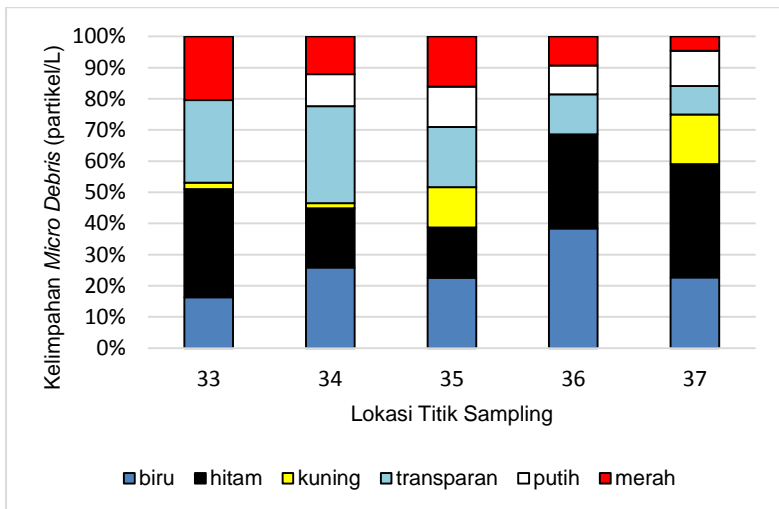
**Gambar 5. 14 Distribusi Warna *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Mulyorejo**



**Gambar 5. 15 Distribusi Warna *Micro Debris* pada Air Keran Daerah Mulyorejo**



**Gambar 5. 16 Distribusi Warna *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Tambak Sari dan Wonokromo**

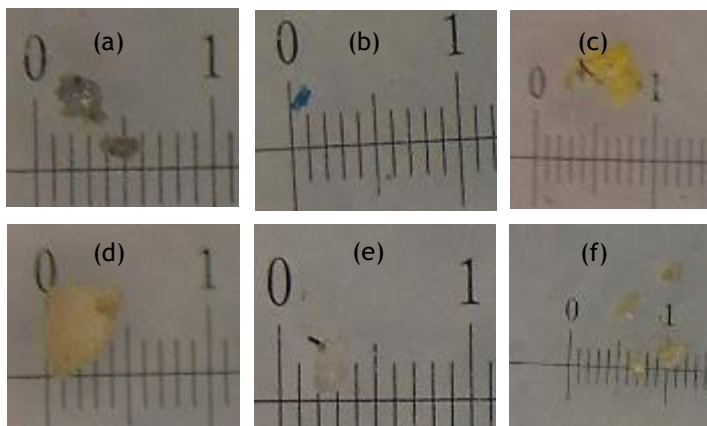


**Gambar 5. 17 Distribusi Warna *Micro Debris* pada Air Keran Daerah Tambak Sari dan Wonokromo**

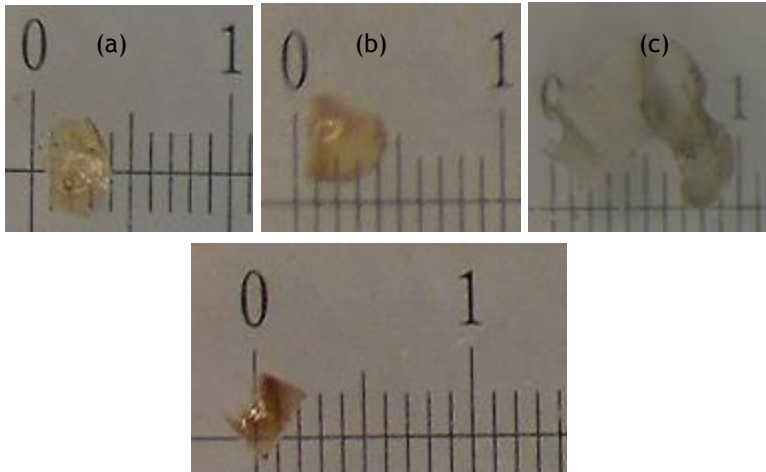


Pada air tandon, warna transparan ditemukan di semua titik sampling kecuali titik 19 yaitu daerah Gubeng. Persentase air tandon warna transparan antara 0-48%, biru antara 4-36%, putih (1-39%), merah (3-23%), kuning (1-28%) dan hitam (12-44%). Pada air keran, transparan mendominasi dengan persentase antara 2-47%, biru antara 2-49%, putih (5-39%), hitam (9-55%), merah (2-31%) dan kuning (1-20%).

*Micro debris* dengan beragam warna pada *fiber* yang ditemukan pada penelitian ini disebabkan oleh warna asal dari *micro debris* misalnya warna biru, merah, dan kuning berasal dari benang pakaian hasil dari air sisa pencucian. Sedangkan *fiber* dengan warna hitam diduga berasal dari rayon yang merupakan semi sintetik *fiber* yang terbuat dari selulosa. Namun untuk membedakan antara *fiber* sintetik dengan selulosa alami secara fisik sangat sulit, karena selain warna *fiber* ini memiliki struktur kimia yang mirip (Lusher *et al.*, 2013; Sadri dan Thompson, 2014; Lusher *et al.*, 2014) sehingga perlu pengujian lanjut agar dapat memisahkan antara rayon ini dengan *polyster* dan *nylon* (Lusher *et al.*, 2014).



**Gambar 5. 18 Aneka warna *Fragment*: (a) Abu-abu; (b) Biru; (c), (d) Kuning; (e) Transparan; (f) Putih**



**Gambar 5. 19 Aneka Warna *Film*: (a),(b),(d) Coklat; (c) Abu-abu**



**Gambar 5. 20 Aneka Warna *Fiber***

Warna transparan adalah salah satu warna dominan di antara semua sampel. Kantong *debris* yang digunakan secara luas dalam kehidupan sehari-hari merupakan potensi *micro debris* transparan. Keberadaan warna transparan yang dominan diduga disebabkan oleh sumber bahan baku air dari DAM Jagir dimana warna dari meso- dan *micro debris* yang mendominasi ialah

transparan dengan rata-rata tertinggi di dasar sungai sebanyak 1,6 partikel per m<sup>3</sup>.

Banyak ditemukan *micro debris* berwarna pada bentuk *fiber*, *fragment*, dan *film*, warna pigmen merah dan biru mengalami kehilangan warna setelah masuk ke lingkungan. Hal tersebut juga mungkin menambah jumlah *micro debris* transparan pada area studi. Sementara, beragamnya warna *micro debris* yang ditemukan di sampel air dapat disebabkan oleh penggunaan produk *debris* berwarna dalam kehidupan sehari-hari, seperti pakaian dan kemasan, akan menghasilkan sejumlah besar sampah *debris*, dan lebih jauh lagi akan mengalami dekomposisi yang dapat membentuk *micro debris* berwarna (Wang *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2015).

### 5.2.3 Ukuran *Micro Debris*

Berdasarkan hasil pengamatan ukuran (Tabel 5.6 dan Tabel 5.7), *micro debris* dari air tandon dan air keran dari saluran distribusi dibagi menjadi dua kategori ukuran: *large micro debris particles* (LMDP) berukuran antara 1-5 mm dan *small micro debris particles* (SMDP) berukuran kurang dari 1 mm.

**Tabel 5. 6 Data Ukuran *Micro Debris* pada Air Tandon**

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (partikel/L)				Wilayah
	SMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)	LMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)	
1	93,5	0,18	0,5	0,60	
2	78,5	0,14	0,5	0,65	
3	52,5	0,14	0,0	0,00	
4	49,0	0,15	0,0	0,00	
5	78,0	0,16	1,5	0,52	
6	100,5	0,13	0,5	0,95	
7	39,5	0,12	0,0	0,00	
8	38,5	0,11	0,0	0,00	
9	49,5	0,13	0,0	0,00	

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (partikel/L)				Wilayah	
	SMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)	LMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)		
10	82,5	0,16	0,0	0,00		
11	43,5	0,09	0,0	0,00		
12	60,0	0,08	0,0	0,00		
13	36,0	0,10	0,0	0,00		
14	34,0	0,11	0,5	0,75		
<b>Total rata-rata</b>	<b>59,7</b>	<b>0,13</b>	<b>0,3</b>	<b>0,25</b>		
15	76,5	0,14	0,0	0,00		Gubeng
16	62,5	0,14	0,0	0,00		
17	80,5	0,16	0,0	0,00		
18	72,5	0,16	0,0	0,00		
19	47,5	0,11	0,0	0,00		
20	42,0	0,17	0,0	0,00		
21	38,5	0,12	0,0	0,00		
22	54,5	0,12	0,0	0,00		
<b>Total rata-rata</b>	<b>59,3</b>	<b>0,14</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>		
23	57,0	0,14	0,0	0,00	Mulyo rejo	
24	50,0	0,12	0,5	0,52		
25	73,5	0,13	1,0	1,05		
26	34,5	0,09	0,0	0,00		
27	42,0	0,14	0,0	0,00		
28	58,5	0,13	0,0	0,00		
29	45,0	0,21	0,0	0,00		
30	58,0	0,15	0,0	0,00		
31	31,0	0,14	0,0	0,00		
32	106,0	0,11	0,5	0,52		

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (partikel/L)				Wilayah
	SMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)	LMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)	
<b>Total rata-rata</b>	<b>55,6</b>	<b>0,14</b>	<b>0,2</b>	<b>0,21</b>	
33	47,5	0,08	0,0	0,00	Tambak Sari
34	53,0	0,15	0,0	0,00	
35	33,0	0,13	0,0	0,00	
<b>Total rata-rata</b>	<b>44,5</b>	<b>0,12</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>	
36	38,0	0,12	0,0	0,00	Wono kromo
37	38,5	0,16	0,0	0,00	
<b>Total rata-rata</b>	<b>38,3</b>	<b>0,14</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>	

Berdasarkan data pengamatan ukuran partikel *micro debris* yang ditemukan, dapat dilihat pada Tabel 5.6. Ukuran partikel *micro debris* dalam air tandon didominasi SMDP rata-rata 0,13 mm dari 2076 partikel/L sedangkan LMDP rata-rata 0,15 mm dari 5,5 partikel/L. Berdasarkan ukuran SMDP terbesar pada wilayah Gubeng, Mulyorejo dan Wonokromo dengan total rata-rata 0,14 mm, diikuti wilayah Sukolilo (0,13 mm), dan Tambak Sari (0,12 mm). Ukuran terpanjang pada titik 25 yaitu 1,05 mm sedangkan terkecil 33 yaitu 0,08 mm. Selengkapnya dapat dilihat Lampiran H.4 untuk distribusi ukuran *micro debris* pada air tandon.

**Tabel 5. 7 Data Ukuran *Micro Debris* pada Air Keran**

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (partikel/L)				Wilayah
	SMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)	LMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)	
1	63,5	0,16	0,5	0,75	Sukolilo
2	63,5	0,16	0,0	0,00	
3	32,0	0,08	0,0	0,00	

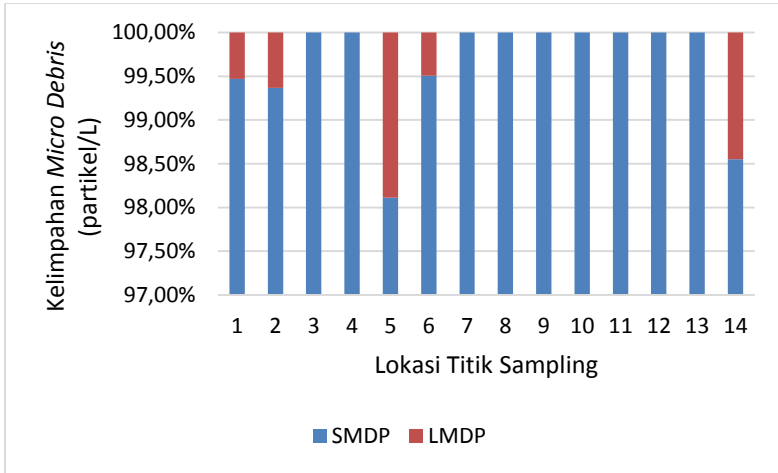
Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (partikel/L)				Wilayah	
	SMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)	LMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)		
4	31,5	0,12	0,0	0,00		
5	29,0	0,15	0,0	0,00		
6	32,0	0,10	0,0	0,00		
7	22,0	0,12	0,0	0,00		
8	27,5	0,10	0,0	0,00		
9	39,5	0,16	0,0	0,00		
10	18,5	0,20	0,0	0,00		
11	41,0	0,15	0,0	0,00		
12	46,0	0,15	0,0	0,00		
13	18,0	0,05	0,0	0,00		
14	23,5	0,13	0,0	0,00		
<b>Total rata-rata</b>	<b>34,8</b>	<b>0,13</b>	<b>0,0</b>	<b>0,05</b>		
15	33,0	0,18	0,0	0,00		Gubeng
16	29,0	0,10	0,0	0,00		
17	33,0	0,12	0,0	0,00		
18	31,0	0,06	0,0	0,00		
19	23,0	0,15	0,0	0,00		
20	30,5	0,12	0,0	0,00		
21	22,0	0,20	1,0	1,04		
22	28,5	0,13	0,0	0,00		
<b>Total rata-rata</b>	<b>28,8</b>	<b>0,13</b>	<b>0,1</b>	<b>0,13</b>		
23	32,5	0,12	0,0	0,00	Mulyo rejo	
24	19,5	0,12	0,0	0,00		
25	20,5	0,13	0,0	0,00		
26	17,5	0,04	0,0	0,00		

Titik Sampling	Jumlah Partikel <i>Micro Debris</i> (partikel/L)				Wilayah
	SMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)	LMDP	Ukuran Rata-Rata (mm)	
27	27,5	0,12	0,0	0,00	
28	25,5	0,05	0,0	0,00	
29	22,5	0,16	0,0	0,00	
30	44,5	0,14	0,0	0,00	
31	20,0	0,10	0,0	0,00	
32	54,0	0,13	0,0	0,00	
<b>Total rata-rata</b>	<b>28,4</b>	<b>0,11</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>	
33	23,5	0,17	0,5	0,95	Tambak Sari
34	29,0	0,11	0,0	0,00	
35	15,5	0,13	0,0	0,00	
Total rata-rata	22,7	0,14	0,2	0,32	
36	43,0	0,13	0,0	0,00	Wono kromo
37	22,0	0,16	0,0	0,00	
<b>Total rata-rata</b>	<b>32,5</b>	<b>0,14</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>	

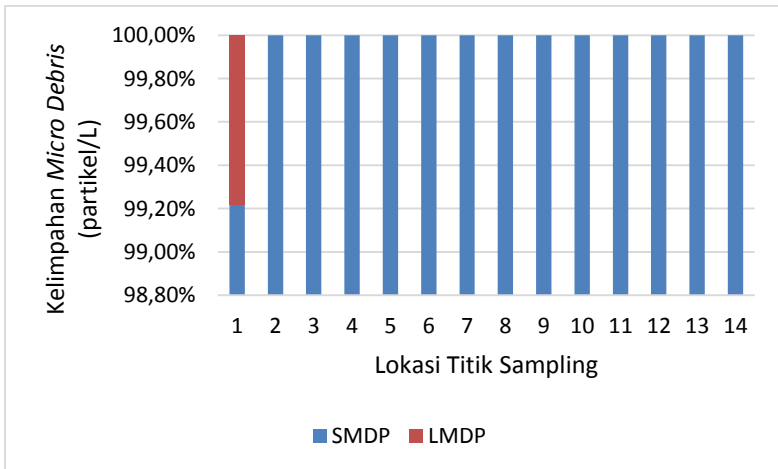
Ukuran partikel *micro debris* dalam air keran didominasi SMDP rata – rata 0,127 mm dari 1134,5 partikel/L sedangkan LMDP rata-rata 0,07 mm dari 2 partikel/L. Berdasarkan ukuran SMDP terbesar pada wilayah Wonokromo dan Tambak Sari (0,14 mm), diikuti Sukolilo dan Gubeng (0,13) kemudian Mulyorejo (0,11). Ukuran terpanjang pada titik 21 yaitu 1,04 mm sedangkan terkecil pada titik 26 yaitu 0,04 mm. Selengkapnya dapat dilihat Lampiran H.5 untuk distribusi ukuran *micro debris* pada air keran

Apabila dibandingkan dengan penelitian di Denmark, *micro debris* rata-rata berukuran SMDP. Analisis dalam air keran dilakukan pada sampel yang diambil dari 17 lokasi berbeda di Denmark menunjukkan bahwa rata-rata berukuran >100  $\mu\text{m}$  sebanyak 15,6 per 50 sampel L. Sedangkan pada studi Amerika

Serikat panjang serat bervariasi dari 0,10-5,00 mm, dengan rata-rata 0,96 mm.

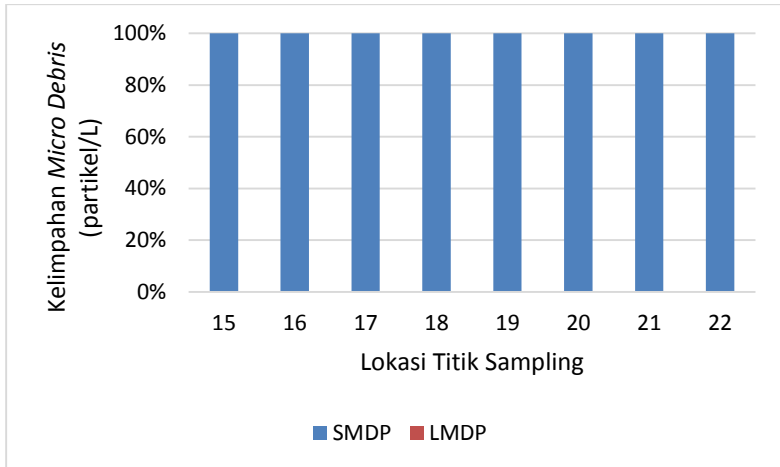


**Gambar 5. 21 Distribusi Ukuran *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Sukolilo**

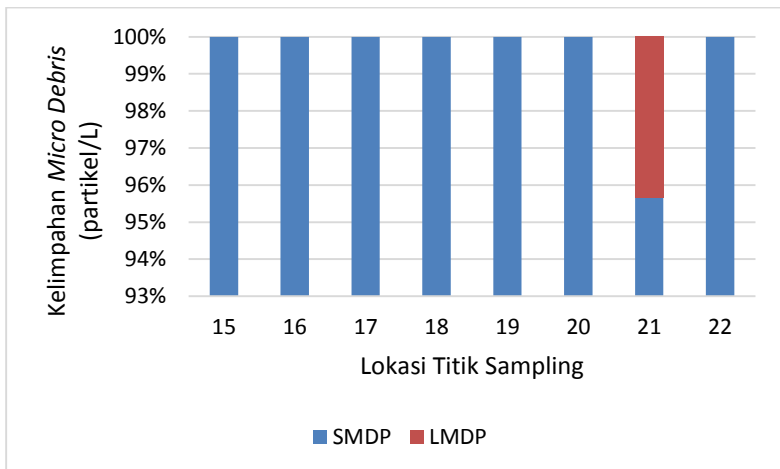


**Gambar 5. 22 Distribusi Ukuran *Micro Debris* pada Air Keran Daerah Sukolilo**

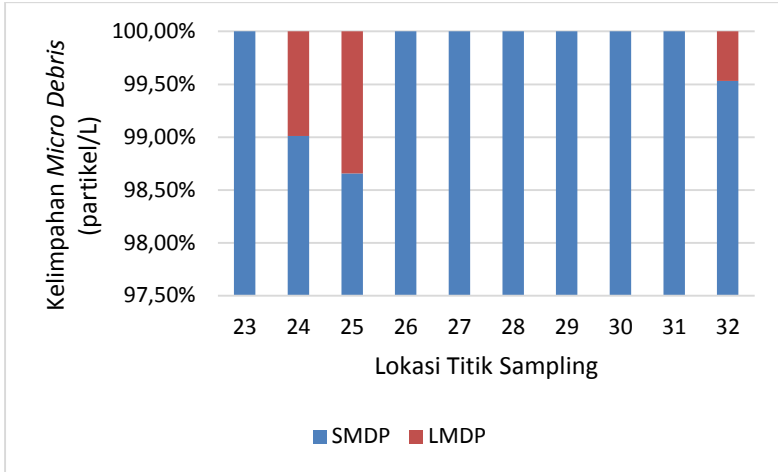




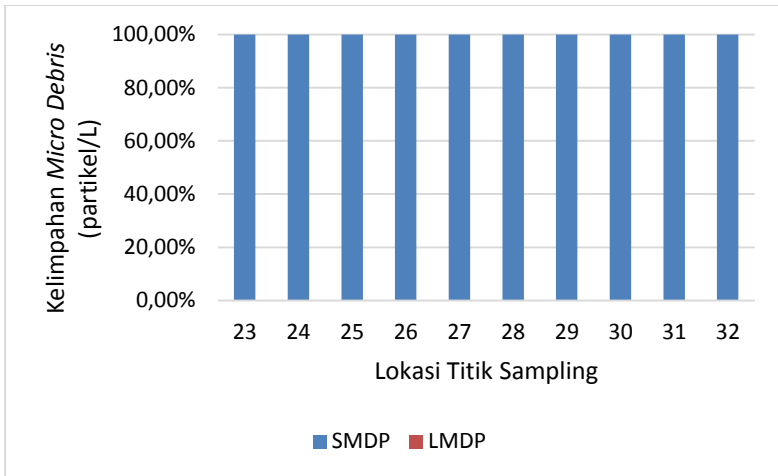
**Gambar 5. 23 Distribusi Ukuran *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Gubeng**



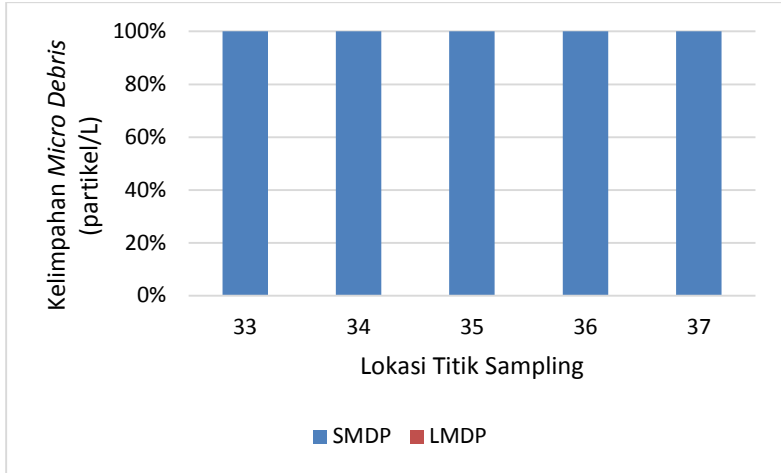
**Gambar 5. 24 Distribusi Ukuran *Micro Debris* pada Air Keran Daerah Gubeng**



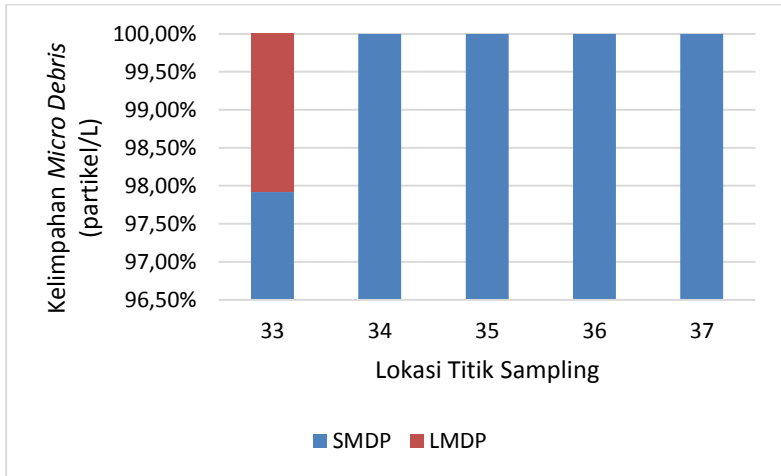
**Gambar 5. 25 Distribusi Ukuran *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Mulyorejo**



**Gambar 5. 26 Distribusi Ukuran *Micro Debris* pada Air Kran Daerah Mulyorejo**



**Gambar 5. 27 Distribusi Ukuran *Micro Debris* pada Air Tandon Daerah Tambak Sari dan Wonokromo**



**Gambar 5. 28 Distribusi Ukuran *Micro Debris* pada Air Keran Daerah Tambak Sari dan Wonokromo**

*Micro debris* dengan ukuran yang masuk dalam kategori SMDP adalah yang paling melimpah di semua sampel air tandon dan air keran pada semua daerah Surabaya Timur. Pada air tandon SMDP mendominasi di semua titik sampling dengan persentase 99,79% sedangkan Ukuran LMDP dengan persentase 0,21%. Hal ini juga sama dengan air keran dengan persentase SMDP 99,81% dan LMDP dengan 0,19%.

Pada penelitian ini SMDP dominan, hal ini diduga berasal dari sumber bahan baku DAM Jagir, dimana partikel SMDP mendominasi yaitu di dasar sungai ( $104,7$  partikel/ $m^3$ ) (Yunus, 2019). Hal ini dikarenakan suatu LMP dapat terdegradasi menjadi banyak SMP (Zhang dkk., 2015). Radiasi UV, terlebih pada daerah dengan temperatur tinggi, mempercepat proses degradasi *debris* (Andrady dkk., 2010). Memudarnya warna *debris* dan keretakan kecil terjadi pada permukaan *debris* saat panjang gelombang radiasi UV-B terserap. Sehingga ukuran *micro debris* yang ditemukan selama penelitian ini mengalami degradasi menjadi ukuran yang lebih kecil dan dapat ditemukan pada berbagai lokasi (Cooper dan Corcoran, 2010). Ukuran ini mendekati ukuran dari plankton dan mempermudah dalam proses transportasi dan penyebarannya (Lusher *et al.*, 2013; Leite *et al.*, 2014). Degradasi *micro debris* dapat kembali terjadi menjadi ukuran lebih kecil dan meningkatkan kelimpahan di permukaan perairan. Hal tersebut juga didukung oleh bentuk *fiber/line* yang merupakan hasil pemecahan dari *debris* yang lebih kecil merupakan bentuk yang paling dominan ditemukan di semua titik sampling dengan ukuran antara  $>1$  mm.

#### **5.2.4 Jenis *Micro Debris***

Jenis *micro debris* diuji dengan FTIR, dimana dikategorikan berdasarkan warna yaitu biru, hitam, kuning, transparan, putih dan merah. Berikut ini hasil dari pengujian FTIR dapat dilihat pada Tabel 5.8

**Tabel 5. 8 Tingkat Kemiripan Komponen dengan *Micro Debris***

No	Nama Sampel	Tingkat Kemiripan <i>Micro Debris</i>		Deskripsi
		Persen Tase Kemiripan (%)	Komponen	
1	hitam	22,99	<i>Low density polyethylene (LDPE)</i>	Memiliki ciri kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaan agak berlemak. Digunakan untuk tempat makanan, <i>debris</i> kemasan, dan botol bersifat lunak.
		21,73	<i>Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM)</i>	Mempunyai sifat karet sintesis, tahan terhadap cuaca, uap, air, ozon, oksigen, dan berbagai bahan kimia. Digunakan untuk karet mesin cuci, sabuk, pipa, dan karet mekanis.
		19,77	<i>Polyvinyl Chloride (PVC)</i>	PVC mempunyai sifat keras dan kaku digunakan untuk membuat pipa <i>debris</i> , pipa paralon, pipa kabel listrik, kulit sintetis, dan ubin <i>debris</i> .
		12,21	<i>Polyethylene (PE)</i>	Memiliki sifat yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Digunakan untuk botol <i>debris</i> seperti botol air mineral, botol jus, dan hampir semua botol minuman lainnya.

No	Nama Sampel	Tingkat Kemiripan <i>Micro Debris</i>		Deskripsi
		Persen Tase Kemiripan (%)	Komponen	
2	kuning	21,12	<i>Polyacrylonitrile</i> (PAN)	Merupakan prekursor yang paling banyak digunakan dalam pembuatan <i>Carbon Fiber</i> . <i>Carbon Fiber</i> merupakan serat yang terdiri dari sekurang-kurangnya 92% atom karbon.
		20,65	<i>Polyethylene-vinyl acetate</i> (PEVA) 4:1	Bahan campuran dengan dua jenis material, PE dan EVA. Ini memiliki kelembutan yang baik dan sedikit elastisitas. Digunakan sebagai bahan kain poliester untuk tirai mandi.
		20,05	<i>Polyethylene-vinyl acetate</i> (PEVA) 3:1	Bahan campuran dengan dua jenis material, PE dan EVA. Ini memiliki kelembutan yang baik dan sedikit elastisitas. Digunakan sebagai bahan kain poliester untuk tirai mandi.
3	biru	39,22	<i>Cellophane</i>	Polimer alami yang dimodifikasi dari <i>seluloid</i> . Digunakan untuk bahan Kertas tissue (wrap).
		32,49	<i>Cellophane</i>	Polimer alami yang dimodifikasi dari <i>seluloid</i> . Digunakan

No	Nama Sampel	Tingkat Kemiripan <i>Micro Debris</i>		Deskripsi
		Persen Tase Kemiripan (%)	Komponen	
				untuk bahan Kertas tissue (wrap).
		31,63	<i>Polyacrylonitrile (PAN)</i>	Merupakan prekursor yang paling banyak digunakan dalam pembuatan <i>Carbon Fiber</i> . <i>Carbon Fiber</i> merupakan serat yang terdiri dari sekurang-kurangnya 92% atom karbon.
		30,52	<i>Poly styrene acrylonitrile (SAN)</i>	Bahan <i>debris</i> yang mempunyai sifat yang kaku, transparan dan sangat tahan. Digunakan untuk pembuatan panel instrumen mobil dan peralatan rumah tangga.
		29,41	<i>Polyn ethylene-vinyl acetate (PEVA)</i>	Bahan campuran dengan dua jenis material, PE dan EVA. Ini memiliki kelembutan yang baik dan sedikit elastisitas. Digunakan sebagai bahan kain poliester untuk tirai mandi.
4	Transparan	19,08	<i>Cellophane</i>	Polimer alami yang dimodifikasi dari <i>seluloid</i> . Digunakan untuk bahan Kertas tissue (wrap).
		15,31	<i>Cellophane</i>	
5	putih	61,02	<i>Cellophane</i>	Bahan pengemas makanan seperti kertas.
		48,25	<i>Cellophane</i>	
		41,25	<i>Chipboard K540</i>	

No	Nama Sampel	Tingkat Kemiripan <i>Micro Debris</i>		Deskripsi
		Persen Tase Kemiripan (%)	Komponen	
			4,2% N	
		40,93	Wood + melamine formaldehid de resin	Polimer hasil kondensasi urea dengan formaldehid digunakan pada pelapis kayu.
		40,06	Chipboard K540 2,2% N	Bahan pengemas makanan seperti kertas.
6	merah	39,29	Poly styrene acrylonitrile (SAN)	Bahan <i>debris</i> yang mempunyai sifat yang kaku, transparan dan sangat tahan. Digunakan untuk pembuatan panel instrumen mobil dan peralatan rumah tangga.
		37,47	Cellophane	Polimer alami yang dimodifikasi dari <i>seluloid</i> . Digunakan untuk bahan kertas tissue (wrap).
		36,37	Poly acrylonitrile	Diperoleh dari polimerisasi akrilonitril. Dikenal dengan nama dagang Acrylan. Dipergunakan sebagai serat tekstil untuk pembuatan tekstil.
		35,01	Poly ethylene-vinyl acetate (PEVA)	Bahan campuran dengan dua jenis material, PE dan EVA. Ini memiliki kelembutan yang baik dan sedikit elastisitas. Digunakan sebagai



No	Nama Sampel	Tingkat Kemiripan <i>Micro Debris</i>		Deskripsi
		Persen Tase Kemiripan (%)	Komponen	
				bahan kain poliester untuk tirai mandi.
		33,75	<i>Urethane alkyd</i> (alkid resin)	Resin ini sebagian besar terdapat dalam bentuk larutan atau cairan kental. Dipergunakan untuk melapisi dan untuk membuat varnish yang mutunya baik.

Dalam air keran maupun air tandon dari 37 lokasi Surabaya Timur yang berbeda, rata-rata partikel mirip dengan *micro debris* dengan ukuran >1 mm. Namun, hanya sebagian dari partikel-partikel ini yang dikategorikan sebagai *micro debris* potensial (persentase komponen mirip berkisar 12,21-61,02%) yang dengan kepastian lebih besar menyerupai *micro debris*. Sedangkan partikel mungkin mirip *micro debris* dikategorikan sebagai *micro debris* yang tidak pasti (persentase berkisar 15,16-45,58%) dapat dilihat pada Lampiran D. Untuk menentukan apakah partikel mirip *micro debris* yang potensial dan *micro debris* tidak pasti dengan validasi kimia oleh FT-IR. Keterbatasan alat pada FTIR yang hanya mampu menganalisis dengan ukuran partikel >1 mm menyebabkan banyak sampel yang meskipun ukuran panjang lebih besar namun ukuran partikel <1 mm tidak mampu untuk dianalisis, terutama untuk *micro debris* dengan tipe *fiber*. Sehingga dianalisis berdasarkan warna yang mirip. Hasil analisis FT-IR menunjukkan bahwa 6 partikel berdasarkan warna dari sampel air dikonfirmasi sebagai *micro debris*. Warna putih memiliki kemiripan potensial dengan *micro debris* terbesar tipe *cellophane* (61,02%) dan terkecil hitam tipe *polyethylene* (PE) (12,21%). Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Dua belas jenis polimer yang berbeda diidentifikasi sebagai *micro debris* potensial berbentuk serat/*fiber* dalam sampel air. Dua belas polimer tersebut adalah LDPE, EPDM, PVC, PE, PAN, PEVA, *Cellophane*, SAN, *Chipboard K540*, *Wood + melamine formaldehyde resin*, *Poly acrylonitrile* dan *Urethane alkyl*. Sedangkan *micro debris* tidak pasti berbentuk selulosa terdiri dari *Isomaltose approx*, *Beta d lactose*, *Formaldehyde (Gas Cell)*, *Triacontane*, dan *Cephalathin sodium in kbr*. Selengkapnya dapat dilihat pada lampiran D.

Jenis polimer *urea-formaldehyde* banyak digunakan pada industri untuk serat pada kain. Polimer *cellophane* merupakan polimer yang terbuat dari selulosa yang diregenerasi yang digunakan untuk mengemas berbagai jenis makanan, digunakan dalam industri pakaian dan juga diaplikasikan oleh industri produk *fiberglass* dan karet. Jenis polimer *polypropylene* dan *polyethylene terephthalate* umumnya digunakan untuk kemasan makanan maupun minuman, *nylon* lebih banyak digunakan sebagai senar pancing, sikat gigi, dan tekstil (Audrady, 2011), sedangkan *polyester fiber* lebih banyak digunakan untuk tekstil (Halden, 2010). Menurut Ecology Center (1996), penggunaan *polyethylene terephthalate* dapat berpotensi penyebab kanker pada manusia, *polyester fiber* dapat menyebabkan iritasi mata dan saluran pernapasan, serta ruam kulit akut, sedangkan penggunaan bahan polimer *polyamides* dapat mengakibatkan kanker, alergi kulit, pusing, sakit kepala, sakit punggung dan disfungsi sistem.

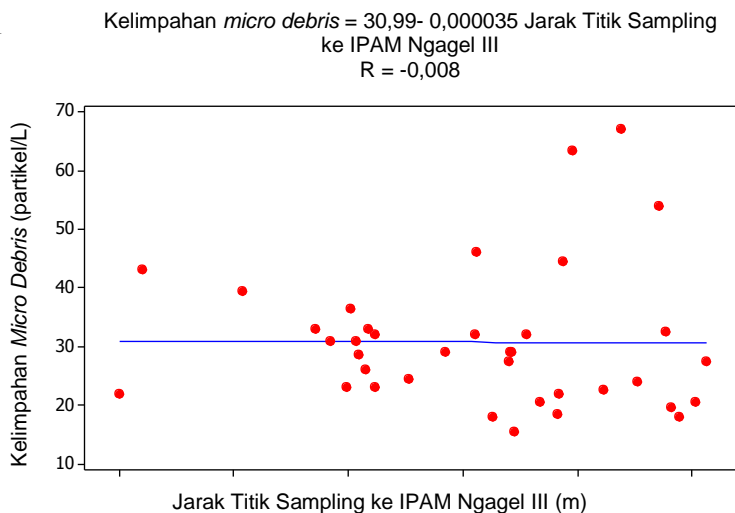
### 5.3 Koefisien Korelasi

Korelasi merupakan angka yang menunjukkan arah dan kuatnya hubungan antar dua variabel atau lebih, arah dinyatakan dalam bentuk hubungan positif atau negatif. Kuatnya hubungan dinyatakan dalam besarnya koefisien korelasi. Berikut ini adalah pemeriksaan dan pengujian koefisien korelasi antara jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa distribusi, kecepatan aliran dengan kelimpahan *micro debris*. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelimpahan *micro debris* tersebut dianalisis dengan menggunakan teknik analisis korelasi melalui bantuan software statistik yaitu Minitab 19. Teknik korelasi digunakan untuk

mengidentifikasi tingkat hubungan antar variabel. Teknik ini juga menghasilkan arah hubungan antar variabel yang dapat membantu memudahkan analisa setiap variabel dalam penelitian ini. Seperti analisis pada umumnya, analisis korelasi membutuhkan input berupa data-data yang akan menjadi variabel y (variabel dependen) dan variabel x (variabel independen).

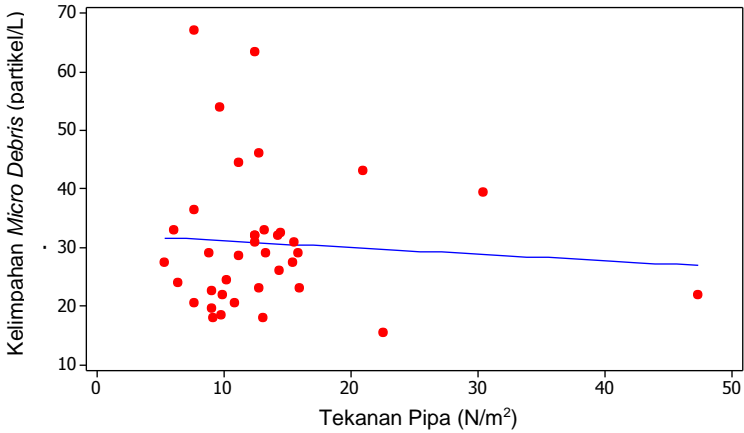
### 5.3.1 Pemeriksaan Koefisien Korelasi

Berikut ini adalah *scatterplot* yang digunakan untuk menunjukkan hubungan antara persentase jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa distribusi, kecepatan aliran dengan kelimpahan *micro debris* (Gambar 5.29-Gambar 5.31).



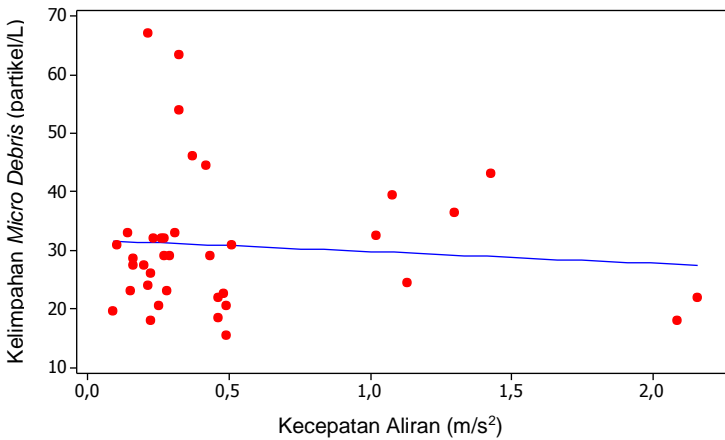
**Gambar 5. 29 Korelasi Jarak Titik Sampling ke IPAM Ngagel III Terhadap Kelimpahan *Micro Debris***

Kelimpahan *micro debris* =  $32,29 - 0,1140$  tekanan pipa  
 $R = -0,071$



**Gambar 5. 30 Korelasi Tekanan Pipa Terhadap Kelimpahan *Micro Debris***

Kelimpahan *micro debris* =  $31,81 - 2,019$  Kecepatan aliran  
 $R = -0,087$



**Gambar 5. 31 Korelasi Kecepatan Aliran Terhadap Kelimpahan *Micro Debris***

Setiap variabel pada analisis korelasi mempunyai tingkatan dan arah. Tingkat hubungan (bagaimana kuatnya hubungan) biasanya diungkapkan dalam angka antar -1,00 dan +1,00, yang dinamakan koefisien korelasi. Korelasi nol (0) mengindikasikan tidak ada hubungan. Koefisien korelasi yang bergerak ke arah -1,00 atau +1,00, merupakan korelasi sempurna pada kedua ekstrem. Berikut merupakan pedoman umum dalam menentukan kriteria korelasi:

**Tabel 5. 9 Penentuan Kriteria Korelasi**

R (nilai korelasi)	Kriteria hubungan
0	Tidak ada korelasi
0-0,5	Korelasi lemah
0,5-0,8	Korelasi sedang
0,8-1	Korelasi kuat
1	Korelasi sempurna

Sumber : Emzir (2009)

Arah Hubungan diindikasikan oleh simbol “-“ dan “+”. Suatu korelasi negatif berarti bahwa semakin tinggi skor pada suatu variabel, semakin rendah pula skor pada variabel lain atau sebaliknya. Korelasi positif mengindikasikan bahwa semakin tinggi skor pada suatu variabel, semakin tinggi pula skor pada variabel lain atau sebaliknya (Emzir, 2009).

Gambar 5.29 dapat dilihat secara visual bahwa garis linier pada *scatterplot* jarak titik sampling ke sumber IPAM condong ke kiri, sehingga ada hubungan negatif antara jarak titik sampling ke IPAM dengan kelimpahan *micro debris*. Korelasi atau hubungan negatif antara kedua variabel ini, berarti berbanding terbalik yang artinya jika jarak titik sampling ke IPAM mengalami kenaikan maka tingkat kelimpahan *micro debris* akan mengalami penurunan. Nilai *pearson correlation* (r) menggambarkan pola hubungan antara dua variabel, dimana nilai yang didapat sebesar -0.008. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada korelasi (hubungan yang lemah) antara variabel jarak titik sampling ke sumber IPAM dan kelimpahan *micro debris*.

*Scatterplot* tekanan pipa dapat dilihat pada Gambar 5.30, bahwa garis linear tersebut agak condong ke kiri, sehingga ada hubungan negatif antara tekanan pipa dengan tingkat kelimpahan *micro debris*. Korelasi atau hubungan negatif antara kedua variabel ini, berarti berbanding terbalik yang artinya jika tekanan pipa mengalami kenaikan maka tingkat kelimpahan *micro debris* akan mengalami penurunan dan sebaliknya jika tekanan pipa ke atas mengalami penurunan maka tingkat kelimpahan *micro debris* akan mengalami kenaikan. Nilai *pearson correlation* ( $r$ ) menggambarkan pola hubungan antara dua variabel, dimana nilai yang didapat sebesar  $-0.071$ . Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada korelasi (hubungan yang lemah) antara variabel tekanan pipa dan kelimpahan *micro debris*.

Sedangkan pada *scatterplot* kecepatan aliran tersebut condong ke kiri, dapat dilihat pada Gambar 5.31. Sehingga ada hubungan negatif antara kecepatan aliran dengan tingkat kelimpahan *micro debris*. Korelasi atau hubungan negatif antara kedua variabel ini, berarti berbanding terbalik yang artinya jika kecepatan aliran mengalami kenaikan maka tingkat kelimpahan *micro debris* akan mengalami penurunan dan sebaliknya jika kecepatan aliran mengalami penurunan maka tingkat kelimpahan *micro debris* akan mengalami kenaikan. Nilai *pearson correlation* ( $r$ ) menggambarkan pola hubungan antara dua variabel, dimana nilai yang didapat sebesar  $-0.087$ . Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada korelasi (hubungan yang lemah) antara variabel kecepatan aliran dan kelimpahan *micro debris*.

### **5.3.2 Pengujian Korelasi**

Uji korelasi digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan (hubungan linear) antara jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa dan kecepatan aliran dengan tingkat kelimpahan *micro debris*. Uji hipotesis korelasi antara jarak titik sampling ke sumber IPAM, tekanan pipa dan kecepatan aliran dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

**Hipotesis :**

- a) Hipotesis untuk jarak titik sampling ke IPAM.
  - $H_0 : \rho_{x_1y} = 0$  (tidak ada hubungan antara jarak titik sampling ke IPAM dengan tingkat kelimpahan *micro debris*)
  - $H_1 : \rho_{x_1y} \neq 0$  (ada hubungan antara jarak titik sampling ke IPAM dengan tingkat kelimpahan *micro debris*)
- b) Hipotesis untuk Tekanan Pipa.
  - $H_0 : \rho_{x_2y} = 0$  (tidak ada hubungan antara tekanan pipa dengan tingkat kelimpahan *micro debris*)
  - $H_1 : \rho_{x_2y} \neq 0$  (ada hubungan antara tekanan pipa dengan tingkat kelimpahan *micro debris*)
- c) Hipotesis untuk Kecepatan Aliran.
  - $H_0 : \rho_{x_3y} = 0$  (tidak ada hubungan antara kecepatan aliran dengan tingkat kelimpahan *micro debris*)
  - $H_1 : \rho_{x_3y} \neq 0$  (ada hubungan antara kecepatan aliran dengan tingkat kelimpahan *micro debris*).

**Taraf Signifikan :**

$\alpha = 0,05$

**Daerah Penolakan :**

- $H_0$  ditolak jika  $P\text{-Value} < \alpha$

**Statistik Uji :**

**Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Korelasi**

		<b>Kelimpahan <i>Micro Debris</i></b>
<b>Jarak titik sampling ke IPAM</b>	Korelasi $X_1$ dan $y$	-0,008
	P-value	0,964
	N	37
<b>Tekanan Pipa</b>	Korelasi $X_2$ dan $y$	-0,087

		Kelimpahan <i>Micro Debris</i>
	P-value	0,609
	N	37
<b>kecepatan aliran</b>	Korelasi $X_3$ dan y	-0,071
	P-value	0,675
	N	37

Berdasarkan tabel 5.9 dapat diketahui bahwa korelasi antara  $X_1$  dan y sebesar -0,008 yang bernilai negatif, artinya jika jarak titik sampling ke IPAM mengalami kenaikan maka tingkat kelimpahan *micro debris* juga mengalami penurunan. P-Value sebesar 0,964 lebih besar dari  $\alpha$  sebesar 0,05. Sehingga diambil keputusan bahwa gagal tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan antara jarak titik sampling ke IPAM dengan kelimpahan *micro debris*.

Korelasi antara  $X_2$  dan y sebesar -0,087 yang bernilai negatif, artinya jika tekanan pipa mengalami kenaikan maka tingkat kelimpahan *micro debris* akan mengalami penurunan dan sebaliknya. P-Value sebesar 0,609 lebih besar dari  $\alpha$  sebesar 0,05. Sehingga diambil keputusan bahwa gagal tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan antara tekanan pipa dengan tingkat kelimpahan *micro debris*.

Korelasi antara  $X_3$  dan y sebesar -0,071 yang bernilai negatif, artinya jika kecepatan aliran mengalami kenaikan maka tingkat kelimpahan *micro debris* juga mengalami penurunan. Jika dilihat dari nilai P-Value adalah sebesar 0,675 lebih besar dari  $\alpha$  0,05. Sehingga diambil keputusan bahwa gagal tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan antara kecepatan aliran dengan tingkat kelimpahan *micro debris*.

#### 5.4 Analisis Regresi Linier Berganda



Analisis regresi digunakan untuk menelaah hubungan antar dua variabel atau lebih, terutama untuk mengetahui bagaimana variasi dari beberapa variabel independen (X) mempengaruhi variabel dependen (Y). Berikut adalah analisis regresi linier berganda yang dilakukan dengan menganalisis jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa dan kecepatan aliran dengan tingkat kelimpahan *micro debris*.

#### 5.4.1 Pengujian Serentak

Uji serentak adalah metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel independen secara bersama-sama atau serentak terhadap variabel dependen. Pengujian serentak dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

##### Hipotesis:

- $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$  (jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa dan kecepatan aliran tidak ada yang berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*)
- $H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0 \text{ yang berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan } \textit{micro debris}$  (jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa dan kecepatan aliran berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*, dimana  $j=1,2,3$ )

##### Taraf Signifikan :

$$\alpha = 0,05$$

##### Daerah Penolakan :

$$H_0 \text{ ditolak jika } P\text{-Value} < \alpha$$

##### Statistik Uji :

Berikut adalah hasil dari *output software* pengujian serentak yang ditunjukkan pada tabel 5.10

**Tabel 5. 11 Output Software Hasil Pengujian Serentak**

Sumber Variasi	DF	SS	MS	F-Value	P-Value
Regresi	3	69,9	23,3	0,15	0,928
Error	33	5084,9	154,1		
Total	36	5154,8			

Tabel 5.10 di atas dapat diketahui bahwa P-Value sebesar 0,928 lebih besar dari  $\alpha$  sebesar 0,05. Sehingga dapat diambil keputusan bahwa gagal tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa, dan kecepatan aliran tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*.

#### 5.4.2 Pengujian Parsial

Uji parsial atau disebut juga uji t dalam analisis regresi linear berganda bertujuan untuk mengetahui apakah variabel independen (X) secara parsial atau secara masing-masing variabel berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen (Y). Berikut ini adalah langkah-langkah pengujian masing-masing parameter secara parsial atau individu.

##### Hipotesis :

- a) Hipotesis jarak titik sampling ke IPAM.
  - $H_0 : \beta_1 = 0$  (jarak titik sampling ke IPAM tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*)
  - $H_1 : \beta_1 \neq 0$  (jarak titik sampling ke IPAM berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*)
- b) Hipotesis untuk tekanan pipa
  - $H_0 : \beta_2 = 0$  (tekanan pipa tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*)
  - $H_1 : \beta_2 \neq 0$  (tekanan pipa berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*)
- c) Hipotesis untuk kecepatan aliran
  - $H_0 : \beta_3 = 0$  (kecepatan aliran tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*)

- $H_1 : \beta_3 \neq 0$  (kecepatan aliran berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*)

**Taraf Signifikan :**

$$\alpha = 0,05$$

**Daerah Penolakan :**

$H_0$  ditolak jika  $P\text{-Value} < \alpha$

**Statistik Uji :**

Berikut adalah hasil dari *output software* pengujian parsial yang ditunjukkan pada tabel 5.11

**Tabel 5. 12 Output Software Hasil Uji Parsial**

Variabel	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	36,23	10,29	3,52	0,001
Jarak ke IPAM Ngagel III	-0,000435	0,001025	-0,42	0,674
Kecepatan Air	-1,804	4,995	-0,36	0,720
Tekanan	-0,1367	0,3991	-0,34	0,734

Tabel 5.11 di atas dapat diketahui bahwa pada variabel Y dan  $X_1$  nilai *P-Value* sebesar 0,674 lebih besar dari  $\alpha$  sebesar 0,05. Sehingga dapat diambil keputusan bahwa gagal tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa jarak titik sampling ke IPAM tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*.

Pada variabel Y dan  $X_2$  nilai *P-Value* sebesar 0,720 lebih besar dari  $\alpha$  sebesar 0,05. Sehingga dapat diambil keputusan bahwa gagal tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa tekanan pipa tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*.

Pada variabel Y dan  $X_3$  nilai *P-Value* sebesar 0,734 lebih besar dari  $\alpha$  sebesar 0,05. Sehingga dapat diambil keputusan bahwa gagal tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa kecepatan aliran tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat kelimpahan *micro debris*.

### 5.4.3 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi pada regresi linear berganda sering diartikan sebagai seberapa besar kemampuan semua variabel independen (X) dalam menjelaskan varians dari variabel dependen (Y). Berikut adalah hasil dari *output software* koefisien determinasi yang ditunjukkan pada tabel 5.12.

**Tabel 5. 13 Output Software Hasil Koefisien Determinasi**

<b>R-square</b>
1,4%

Persentase variabelitas tingkat kelimpahan *micro debris* dijelaskan oleh jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa dan kecepatan aliran sebesar 1,4% dan sisanya sebesar 98,6% (100% - 1,4%) dijelaskan oleh variabel lain yang diduga berpengaruh terhadap tingkat kelimpahan *micro debris* tetapi tidak masuk dalam model.

### 5.5 Pembahasan Faktor yang Diduga Mempengaruhi Kelimpahan *Micro Debris*

Berdasarkan uji korelasi dan uji regresi linear berganda dapat diketahui bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan antara jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa dan kecepatan aliran. Meskipun demikian berikut ini penjelasannya:

#### a. Jarak Titik Sampling Ke IPAM Ngagel III

Tingkat kelimpahan *micro debris* di tiap wilayah berbeda-beda dari segi jarak, jauh maupun dekat. Tiap Jarak tidak ditemukan pengaruh adanya akumulasi *micro debris* di beberapa tempat tertentu. Seperti yang ditunjukkan pada titik 1, terdapat kelimpahan *micro debris* sebanyak 67 partikel/L dengan jarak 8777 m ke IPAM. Sedangkan pada titik 30 terdapat kelimpahan *micro debris* sebanyak 20,50 partikel/L dengan jarak 10.055 m ke IPAM. Perbedaan ini terjadi disebabkan oleh sistem distribusi berupa *loop*, sistem ini bertujuan agar air mengalir secara kontinu sehingga air dalam pipa tidak terlau lama. Kondisi *loop* juga

menyebabkan jalur pipa yang dilewati air untuk menuju ke rumah warga tersebut berbeda-beda.

Dari hasil tersebut peneliti menyadari terdapat kelemahan pada penelitian ini, dikarenakan jarak lokasi sampling masih belum terencana (random) dan belum tertata. Hal ini terlihat dari jarak antar pemukiman yang jauh atau masih dominan di tempat tertentu. Selain itu, jarak lokasi sampling disarankan untuk menggunakan jarak tertentu dan dilakukan pada waktu yang kontinu guna mendapatkan faktor yang mempengaruhi kelimpahan *micro debris* yang signifikan.

## **b. Tekanan Pipa**

Pada penelitian ini tekanan pipa dalam jaringan distribusi tidak memiliki hubungan yang signifikan. Hal ini diduga dikarenakan perbedaan tekanan pada jaringan distribusi. Faktor perbedaan tekanan salah satunya karena kebocoran pada jaringan pipa distribusi yang mengakibatkan hasil pengukuran tekanan menjadi berubah signifikan. Di Surabaya Timur sendiri pernah mengalami kebocoran pipa pada November 2018, disebabkan faktor usia pipa, tekanan berat ke pipa dan akibat proyek utilitas (Cahyono, 2018).

Selain itu sistem distribusi berupa *loop*, sistem *loop* bertujuan agar air mengalir secara kontinu sehingga air dalam pipa tidak terlau lama. Kondisi *loop* juga menyebabkan jalur pipa yang dilewati air untuk menuju ke rumah warga tersebut berbeda-beda. Tekanan pipa pada titik 4 sebesar  $14,3 \text{ N/m}^2$ , jarak 4463 m dan kelimpahan *micro debris* 34 partikel/L sedangkan tekanan pipa pada titik 28 sebesar  $14,4 \text{ N/m}^2$ , jarak 4311 m dan kelimpahan *micro debris* 26 partikel/L. Adanya sistem *loop* ini mengakibatkan tekanan tiap pipa dalam jarak terdekat hampir sama namun memiliki kelimpahan *micro debris* berbeda. Sehingga kemungkinan keberadaan *micro debris* dapat tersebar secara acak dalam jaringan pipa.

## **c. Kecepatan Aliran**

Kecepatan aliran pipa distribusi pada penelitian ini tidak memiliki hubungan signifikan. Kecepatan aliran pipa berbeda-beda

dan beberapa tidak memenuhi kecepatan minimal dalam pipa. Bisa dilihat pada Lampiran E, pada titik 1,3-6, 8, 14, 19-22, 24-28, dan 34 memiliki kecepatan aliran kurang dari 0,3 m/s<sup>2</sup>. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, kecepatan minimum air dalam pipa distribusi adalah 0,3 m/s<sup>2</sup>. Hal ini dapat disebabkan oleh sistem pengaliran yang belum optimal karena beberapa faktor seperti disain perpipaan yang kurang efektif, debit distribusi yang belum mencukupi, serta peningkatan kebutuhan air yang tinggi melebihi kapasitas disain perpipaan awal. Sehingga kemungkinan keberadaan *micro debris* dapat tersebar secara acak dalam jaringan pipa.

## 5.6 Rekomendasi

Studi keberadaan *micro debris* pada saluran distribusi air menunjukkan bahwa air tersebut telah terkontaminasi *micro debris*. Hasil studi ini berfungsi sebagai pandangan awal dan bukan penilaian komprehensif. Hasil ini memerlukan untuk studi lebih lanjut di daerah tersebut. Studi kedepannya dapat dirancang dengan pengambilan sampel yang didasarkan pada spesifik tujuan. Sebagai contoh, dapat fokus pada penilaian dalam proses pengolahan air hingga ke rumah warga untuk lebih memahami potensi jalur kontaminasi yang diambil pada rentan waktu yang bersamaan dan kontinu. Penelitian terkait *micro debris* dapat juga dilakukan dengan metode yang berbeda sebagai bahan perbandingan. Penelitian dapat dilakukan dengan penambahan alat pengambilan sampel (*stainless steel sampling column*) dan jumlah volume sampel (volume sampel hingga 10-50L). Selain itu, perlu dilakukan studi lebih lanjut terkait kualitas air minum dan potensi risiko kesehatannya pada manusia. Saat ini belum ada peraturan untuk mengontrol *micro debris* dalam air. Karena para ahli lingkungan belum yakin dampak kesehatan dan belum menetapkan batas (segi warna, ukuran dan kelimpahan) yang dapat diterima untuk *micro debris* dalam air.

## BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian sampai saat ini, kesimpulan yang didapat adalah:

1. Kelimpahan rata-rata *micro debris* pada saluran distribusi Surabaya Timur dalam air tandon 56,61 partikel/L dan air keran 30,77 partikel/L dari 37 titik lokasi sampling.
2. Partikel *micro debris* bentuk *fiber* merupakan yang paling dominan ditemukan di air tandon dan air keran. Pada air tandon, bentuk *fiber* ditemukan di semua titik sampling (86–100%). Bentuk *film* (presentase 0-6%) dan *fragment* (0-8%) hanya beberapa titik tertentu. Bentuk *fiber* di air keran ditemukan 69-100%. Sedangkan bentuk *film* (0–17%) dan *fragment* antara (0–14%). Pada air tandon warna transparan antara 0-48%, biru antara 4–36%, putih (1-39%), merah (3–23%), kuning (1 –28%) dan hitam (12–44%). Pada air keran, transparan mendominasi dengan persentase antara 2–47%, biru antara 2–49%, putih ( 5–39%), hitam (9–55%), merah (2–31%) dan kuning (1–20%). SMDP mendominasi di air tandon dan air keran pada Surabaya Timur dengan persentase rata-rata mencapai 100%.
3. Hasil uji korelasi diketahui bahwa jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa, dan kecepatan aliran tidak memiliki hubungan yang signifikan terhadap kelimpahan *micro debris*. Berdasarkan hasil uji regresi linier berganda diketahui jarak titik sampling ke IPAM, tekanan pipa dan kecepatan aliran tidak berpengaruh signifikan terhadap kelimpahan *micro debris* dengan persentase 1,4% dan sisanya sebesar 98,6% dijelaskan oleh variabel lain yang diduga berpengaruh signifikan terhadap kelimpahan *micro debris* tetapi tidak masuk dalam model.

## 6.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan penelitian mengenai keberadaan *micro debris* pada instalasi pengolahan air minum dan saluran distribusi dalam waktu yang kontinu untuk mengetahui sumber *micro debris* yang signifikan. Serta penelitian terkait *micro debris* dengan metode yang berbeda sebagai bahan perbandingan karena keterbatasan metode dan prosedur sehingga dapat dilakukan dengan penambahan alat pengambilan sampel (*stainless steel sampling column*) dan jumlah volume sampel (volume sampel hingga 10-50L).

Informasi mengenai dampak *micro debris* pada kualitas air dan kesehatan manusia belum didokumentasikan dengan baik, khususnya di Indonesia. Karena informasi yang terbatas, ulasan pada literatur belum mampu menilai konsekuensi dari kehadiran *micro debris* terhadap kesehatan manusia. Oleh karena itu perlu untuk melakukan penelitian khusus mengenai kandungan *micro debris* pada air bersih. Sehingga perlu kebijakan yang ditujukan untuk mengendalikan pencemaran *micro debris* di air bersih agar penduduk di sekitar sumber tidak terpapar *micro debris* yang akhirnya dapat berdampak pada kesehatan manusia.



## DAFTAR PUSTAKA

- Andrady, A.L., 2011. "Microplastics in the Marine Environment". *Marine pollution bulletin*, 62(8), hal.1596-1605.
- Andrady, A.L., 2017. The Plastic in Microplastics: A Review. *Mar. Pollut. Bull.* 119, hal.12–22.
- Anonim, 2012. "Hasil Pengujian Kualitas Air". PDAM Surya Sembada (Surabaya), 22 November 2018.
- Artham, T., dan Doble, M., 2009. "Fouling and Degradation of Polycarbonate in Seawater: Field and Lab Studies". *J Polym Environ*, 17, hal.170-180.
- Auta, H.S., Emenike, C.U., dan Fauziah, S.H., 2017. "Screening of Bacillus Strains Isolated from Mangrove Ecosystems in Peninsular Malaysia for Microplastic Degradation". *Environ Pollut*, 231, hal.1552-1559.
- Avio, C. G., Gorb, S., dan Regoli, F., 2016. "Plastics and Microplastics in the Oceans: from Emerging Pollutants to Emerged Threat". *Marine Environmental Research*, hal.5.
- Ballent A, Purser A, de Jesus MP, Pando S, Thomsen L. 2012. "Physical Transport Properties of Marine Microplastic Pollution". *Biogeosciences Discussions*. 9:18755–18798.
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M., 2009. "Accumulation and Fragmentation of Plastic Debris in Global Environments". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364, hal.1985–1998.
- BPS Kota Surabaya. 2017. "Kota Surabaya Dalam Angka 2017". Badan Pusat Statistik Kota Surabaya
- Browne, M.A., Niven, S.J., Galloway, T.S., Rowland, S.J., Thompson, R.C., 2013. "Microplastic Moves Pollutants and Additives to Worms, Reducing Functions Linked to Health and Biodiversity". *Curr Biol*. 23: 2388–92.
- Browne, M.A., Galloway, T.S., dan Thompson, R.C., 2010. "Spatial Patterns of Plastic Debris along Estuarine Shorelines". *Environmental Science & Technology*, 44(9), hal.3404-3409.
- Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., Thompson, R., 2011. "Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks". *Environ. Sci. Technol.* 45, hal.9175–9179.

- Cahyono, Sofyan., 2018. "Pipa PDAM Bocor, Rumah Warga Kebanjiran". Jawa Pos (Surabaya), 20 Mei 2018.
- Carrington, D., 2017. Plastic Fibres Found In Tap Water Around The World, Study Reveals. 15 November 2018
- Chae, Y., dan An, Y. J., 2017. "Effects of Micro and Nanoplastics on Aquatic Ecosystems: Current". *Marine Pollution*, Volume 124, hal. 624–632.
- Chua, E.M., Shimeta, J., Nugegoda, D., Morrison, P.D., Clarke, B.O., 2014. "Assimilation of Polybrominated Diphenyl Ethers from Microplastics by The Marine Amphipod, *Allorchestes compressa*". *Environ. Sci. Technol.* 48: 8127–8134.
- Claessens, M., Meester, S.D., Landuyt, L.V., Clerck, K.D., Janssen, C.R., 2011. "Occurrence and Distribution of Microplastics in Marine Sediments along The Belgian Coast". *Mar. Pollut. Bull.* 62: 2199– 2204.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S., 2011. "Microplastics as Contaminants in The Marine Environment: a Review". *Mar. Pollut. Bull.* 62: 2588–2597.
- Cooper, D.A., Corcoran, P.L., 2010. "Effects of Mechanical and Chemical Processes on The Degradation of Plastic Beach Debris on The Island of Kauai, Hawaii". *Mar. Pollut. Bull.* 60: 650–654.
- Costa, M.F., Ivar, J.A., Christina, M., Angela, B.A., Paula, S., Ivar do Sul, J.A., 2010. "on The Importance of Size of Plastic Fragments and Pellets on The Strandline: a Snapshot of a Brazilian Beach". *Environ. Monit. Assess.* 168 (1-4): 299-304.
- Derraik, J.G.B., 2002. "The Pollution of the Marine Environment by Plastic Debris: a Review". *Marine Pollution Bulletin* 44, hal.842–852.
- Desforges, J.P.W., Galbraith, M., Dangerfield, N., Ross, P.S., 2014. "Widespread Distribution of Microplastic in Subsurface Seawater in The NE Pacific Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 71 (1): 94–99.
- Dümichen, E., Eisentraut, P., Bannick, C.G., Barthel, A., dan Senz, R., 2017. "Fast Identification of Microplastics in Complex Environmental Samples by a Thermal Degradation Method". *Chemosphere*, 174, hal.572-584.

- Ecology, Center., 1996. "Plastic Task Force Report (Berkeley, CA)".
- Ecophiles, E., 2017. "There are Microplastic in your Tap Water", s.l.: Ecophiles.
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., Amato, S., 2013. "Microplastic Pollution in the Surface Waters of the Laurentian Great Lakes". *Mar. Pollut. Bull.* 77 (1): 177-182.
- Fendall, L.S., dan Sewell, M.A., 2009. "Contributing to Marine Pollution by Washing your Face: Microplastics in Facial Cleansers". *Marine pollution bulletin*, 58(8), hal.1225-1228.
- Fisner, M., Taniguchi, S., Moreira, F., Bicego, M.C., Turra, A., 2013. "Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Pahs) in Plastic Pellets: Variability in the Concentration and Composition at Different Sediment Depths in a Sandy Beach". *Mar. Pollut. Bull.* 70: 219–226.
- Free, C.M., Jensen, O.P., Mason, S.A., Eriksen, M., Williamson, N.J., dan Boldgiv, B., 2014. "High-Levels of Microplastic Pollution in a Large, Remote, Mountain Lake". *Marine pollution bulletin*, 85(1), hal.156-163.
- Galgani, F., 2014. "Marine litter in the Mediterranean and Black Seas". Tirana: CIESM.
- Goldstein, M.C., 2012. "Abundance and Ecological Implications of Microplastic Debris in the North Pacific Subtropical Gyre [Dissertation]". San Diego (US): University of California.
- Gregory, M.R., 1996. "Plastic 'Scrubbers' in Hand Cleansers: a Further (and Minor) Source for Marine Pollution Identified. *Marine Pollution Bulletin* 32, hal.867–871.
- Halden, R.U., 2010. "Plastics and Health Risks". *Annu. Rev. Public Health.* 31: 179–194.
- Hastuti, A.R., Yulianda, F., Wardiatno, Y., 2014. "Distribusi Spasial Sampah Laut di Ekosistem Mangrove Pantai Indah Kapuk, Jakarta. *Bonorowo Wetlands* 4 (2): 94-107.
- Hernandez, E., Nowack, B., dan Mitrano, D.M., 2017. "Polyester Textiles as a Source of Microplastics From Households: a Mechanistic Study to Understand Microfiber Release During Washing". *Environmental science & technology*, 51(12), hal.7036-7046.

- 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". *Environmental science & technology*, 46(6), hal.3060-3075.
- Hollman, P. C., Bouwmeester, H. dan Peters, R., 2013. "Microplastics in Aquatic Food Chain : Sources, Measurement, Occurrence and Potential Health Risks".
- Karapanagioti, H. K., 2007. "Microplastics and Synthetic Fibers in Treated Wastewater and Sludge". In: I. K. Kalavrouziotis, ed. "Wastewater and Biosolids Management". London: IWA, hal. 77-88.
- Kosuth, M., Mason, S. A., dan Wattenberg, E. V., 2018. "Anthropogenic Contamination of Tap Water, Beer and Sea Salt". hal. 1-18.
- Lasminto, U., 2016. "Studi Potensi Tampungan Air sebagai Sumber Air Baku Kota Surabaya". Surabaya, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS, hal. 43.
- Lassen, C., Hansen, S.F., Magnusson, K., Hartmann, N.B., Rehne Jensen, P., Nielsen, T.G., Brinch, A., 2015. "Microplastics: Occurrence, effects and sources of releases to the Environment in Denmark". Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen.
- Leite, A.S., Santos, L.L., Costa, Y., Hatje, V., 2014. "Influence of Proximity to an Urban Center in the Pattern of Contamination by Marine Debris". *Mar. Pollut. Bull.* 81 (1): 242–247.
- Lippiatt, S., Opfer, S., dan Arthur, C., 2013. Marine Debris Monitoring and Assessment. *NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-46*.
- Lusher, A.L., McHugh, M., Thompson, R.C., 2013. "Occurrence of Microplastics in the Gastrointestinal Tract of Pelagic and Demersal Fish From the English Channel". *Mar. Pollut. Bull.* 67 (1): 94–99.
- Lusher, A.L., Burke, A., O'Connor, I., Officer, R., 2014. "Microplastic Pollution in the Northeast Atlantic Ocean: Validated and Opportunistic Sampling". *Mar. Pollut. Bull.* 88 (1): 325-333.

- Mani, T., Hauk, A., Walter, U. dan Burkhardt-Holm, P., 2015. "Microplastics profile along the Rhine River". *Scientific reports*, 5: 17988.
- Nasution, R. S., 2015. "Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Debris". Volume 1, hal. 98.
- Napper, I.E., Thompson, R.C., 2016. "Release of Synthetic Microplastic Plastic Fibres from Domestic Washing Machines: Effects of Fabric Type and Washing Conditions". *Mar. Pollut. Bull.* 112, 39–45.
- Oehlmann, J.R., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsch, O., Lutz, I., Kusk, K.O., Wollenberger, L., Santos, E.M., Paull, G.C., Van Look, K.J.W., Tyler, C.R., 2009. "A Critical Analysis of the Biological Impacts of Plasticizers on Wildlife". *Philos. Trans. R. Soc. London, B.* 364 (1526): 2047-2062.
- Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Su, L., Shi, H. dan Li, D., 2017. "Microplastics in Sediments of the Changjiang Estuary, China". *Environmental Pollution*, 225, hal.283-290.
- 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*. 1644–1651.
- Prasath, B. B., & Poon, K. 2018. "The Impacts of Microplastics to Environment". *Journal of Environmental Hazards*. 1-4.
- Russell, J.R., Huang, J., Anand, P., Kucera, K., dan Sandoval, A.G., 2011. "Biodegradation of Polyester Polyurethane by Endophytic Fungi". *Appl Environ Microbiol*, 77, hal.6076-6084.
- Sadri, S.S., Thompson, R.C., 2014. "On the Quantity and Composition of Floating Plastic Debris Entering and Leaving the Tamar Estuary, Southwest England". *Mar. Pollut. Bull.* 81 (1): 55-60.
- Simpson, S.L., Batley, G.E., Chariton, A.A., Stauber, J.L., King, C.K., Chapman, J.C., Hyne, R.V., Gale, S.A., Roach, A.C., Maher, W.A., 2005. "Handbook for Sediment Quality Assessment". CSIRO: Bangor, NSW.
- Schirinzi, G.F., Pérez-Pomeda, I., Sanchís, J., Rossini, C., dan Farré, M., 2017. "Cytotoxic Effects of Commonly Used Nanomaterials and Microplastics on Cerebral and Epithelial Human Cells". *Environ Res*, 159, hal.579-587.

- Storck, F. R., Pfeiffer, S. R., dan Kools, S., 2015. "Microplastic in Fresh Water Resources". *Global Water Research Coalition*, 1-4.
- Suwari, 2010. "Model Pengendalian Pencemaran Air pada Wilayah Kali Surabaya". hal. 3.
- Talsness, C.E., Andrade, A.J.M., Kuriyama, S.N., Taylor, J.A., vom Saal, F.S., 2009. "Components of Plastic: Experimental Studies in Animals and Relevance for Human Health". *Philos. Trans. R. Soc. London, B*. 364 : 2079–2096.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., dan Vigil, S., 1993. "Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues". Mc. Graw- Hill, Inc: New York.
- Teuten, E.L., Rowland, S.J., Galloway, T.S., Thompson, R.C., 2007. "Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants". *Environ. Sci. Technol.* 41, hal.7759–7764.
- Thompson, R.C., Moore, C.J., vom Saal, F.S., Swan, S.H., 2009. "Plastics, the Environment and Human Health: Current Consensus and Future Trends". *Philos. Trans. R. Soc. London, B*. 364 (1526): 2153-2166.
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W., McGonigle, D. dan Russell, A.E., 2004. "Lost at Sea: Where is All the Plastic?". *Science*, 304(5672), hal.838-838.
- Tyree, C. dan Morrison, D., 2017. "Invisibles The Plastic Inside Us". 20 November 2018.
- Uhl, W. dan Svendsen, C., 2018. "Mapping Microplastics in Norwegian Drinking Water". Volume 6, pp. 1-6.
- Wang, W., Ndungu, A.W., Li, Z., Wang, J., 2017. "Microplastics Pollution in Inland Freshwaters Of China: A Case Study in Urban Surface Waters of Wuhan, China". *Sci. Total Environ.* 575, hal.1369–1374.
- Ward, J.E., Kach, D.J., 2009. "Marine Aggregates Facilitate Ingestion of Nanoparticles by Suspension-Feeding Bivalves". *Mar. Environ. Res.* 68 (3): 137-142.
- Yunus, K., A., 2019. "Distribusi Mesoplastik dan Mikroplastik di Kali Surabaya pada Segmen Gunung Sari sampai Jagir". Hal 40.
- Zubris, K. A., dan Richards, B. K., 2005. "Synthetic Fibers as an Indicator of Land Application of Sludge". *Environ. Pollut.* 138, hal 201.

- Zhang, K., Gong, W., Lv, J., Xiong, X., Wu, C., 2015. "Accumulation of Floating Microplastics Behind the Three Gorges Dam". *Environ. Pollut.* 204, hal.117–123.
- Zhao, S., Zhu, L., Li, D., 2015. "Microplastic in Three Urban Estuaries, China". *Environmental pollution*, 206, hal.597-604.
- Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., Li, D., 2014. "Suspended Microplastics in the Surface Water of the Yangtze Estuary System, China: First Observations on Occurrence, Distribution". *Mar. Pollut. Bull.* 86 (1): 562-568.



“halaman ini sengaja dikosongkan”







## Lampiran A.

### Pembuatan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO)

Prosedur ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan organik yang terdapat pada padatan yang tersaring. *Wet peroxide oxidation* dilakukan dengan cara:

No	Prosedur	Dokumentasi
1	20 mL hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) 30% ditambahkan ke <i>beaker glass</i> . Perhatian: larutan ini dapat mendidih hebat jika dipanaskan $>75\text{ }^\circ\text{C}$	
2	Campuran dibiarkan berada pada meja laboratorium pada suhu ruangan selama lima menit.	

No	Prosedur	Dokumentasi
3	<p><i>Stir bar</i> dimasukkan ke <i>beaker glass</i> dan ditutup dengan <i>watchglass</i>. Campuran dipanaskan hingga 75 C di atas <i>hotplate</i>.</p>	
4	<p>Apabila gelembung gas terlihat di permukaan, <i>beaker glass</i> segera dipindahkan dari <i>hotplate</i> dan diletakkan di lemari asam sampai mereda.</p>	

No	Prosedur	Dokumentasi
5	<p>Jika kemungkinan reaksi akan meluap dari gelas, aquades ditambahkan untuk memperlambat reaksi. Campuran dipanaskan lagi hingga 75 °C di atas <i>hotplate</i> selama 30 menit.</p>	
6	<p>Jika bahan organik alami masih terlihat, 20 mL hidrogen peroksida 30% ditambahkan kembali.</p> <p>Prosedur yang sama diulangi hingga tidak ada bahan organik alami yang terlihat.</p>	

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## Lampiran B

### A. Karakteristik *Micro Debris*

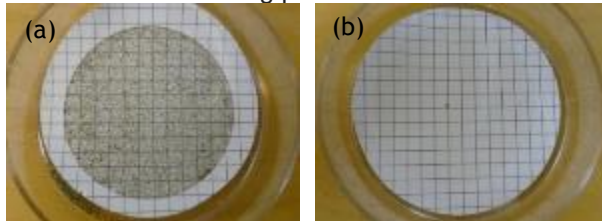
1. Ukuran kecil (dimensi terbesar <5mm)
2. Tidak ada struktur seluler atau organik yang terlihat
3. Serat harus sama-sama tebal sepanjang seluruh panjangnya
4. Partikel harus menunjukkan warna yang jelas dan homogen di seluruh (Silakan lihat bagian D untuk variasi aturan)

### B. Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk mengidentifikasi terdiri dari mikroskop, cawan petri, pinset dan jarum pentul untuk mendorong bagian, dan lembar data *micro debris*.

### C. Cara Membaca Filter

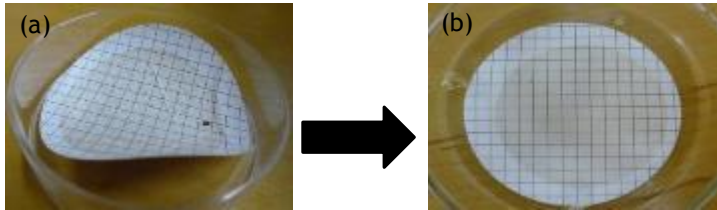
1. Periksa *micro debris* dalam batas filtrasi. Perimeter akan ditentukan oleh bentuk potongan kertas saring dan berbagai intensitas warna (yaitu: coklat, kuning, hijau, atau putih yang sedikit berubah warna). Beberapa lebih mudah dilihat dengan mata telanjang daripada yang lain. Di bawah mikroskop, perimeter berwarna terang pun mudah dibedakan.



Gambar 1. Filter Berwarna Berbeda: (a) Coklat; (b) Kuning.

Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

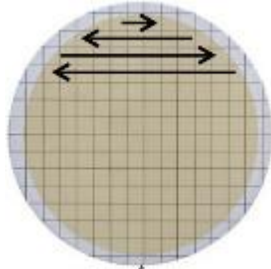
2. Jika kertas saring melengkung dan terlalu sulit untuk diperiksa di bawah mikroskop, lem langsung ke cawan petri menggunakan dua atau tiga tetes lem yang sangat kecil di tepi kertas saring.



Gambar 2: Prosedur Lem: (a) Filter Lengkung; (b) Filter Terpaku.

Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

3. Baca setiap filter dari kiri ke kanan, lalu turun satu baris, dan baca dari kanan ke kiri. Kotak sangat membantu untuk memastikan bagian tidak dihitung ganda.



Gambar 3. Prosedur Membaca Filter.

Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

#### D. Identifikasi micro debris

##### 1. Pemeriksaan Mikroskop

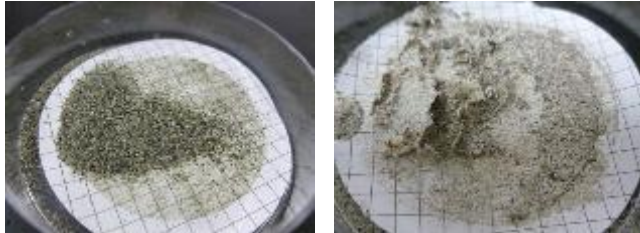
Periksa kertas saring di bawah mikroskop dengan pembesaran 4,5x. Kertas saring harus kering, karena apabila basah memantulkan cahaya mikroskop. Biasanya, kertas saring tertutup akan mengering setelah 24 jam pada suhu kamar, tetapi tergantung pada kelembaban dan suhu di lab, mungkin butuh waktu lebih lama.

##### 2. Menghasilkan Potongan dan Tekstur

Sebagian besar *micro debris* agak fleksibel dan tidak akan pecah saat didorong. Pinset dan jarum akan memungkinkan untuk menyodok potongan. *Micro debris* akan sering terpejal atau pegas saat didorong. Jika ada bagian yang pecah saat disentuh, jangan dihitung sebagai *micro debris*.

### 3. Memeriksa kertas saring dengan beban detritusTinggi

Detritus dan tumpukan garam mungkin menutupi atau membuatya lebih sulit untuk melihat *micro debris*.

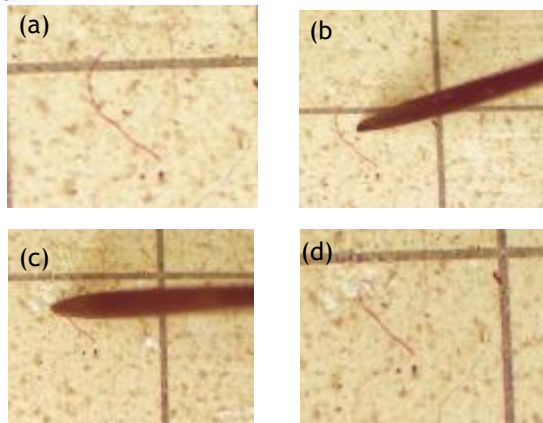


Gambar 4. Detritus pada Filter  
Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

### 4. Metode Identifikasi

- **Tes Jarum Panas (De Witte *et al.*, 2014)**

Tes ini berguna apabila tidak dapat membedakan antara *micro debris* dan bahan organik. Terdapat jarum yang sangat panas, *micro debris* akan meleleh atau menggulung. Bahan biologis dan non-*debris* lainnya tidak akan.



Gambar 5. Tes Jarum Panas pada *Fiber Merah*: (a) Pra-tes; (b) Pendekatan Jarum Panas; (c) Jarum Panas dalam Jarak Dekat; (d) Hasil Akhir - Filamen Bereaksi dan Melengkung karena Panas.

Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

- **Inspeksi Mikroskop Senyawa**

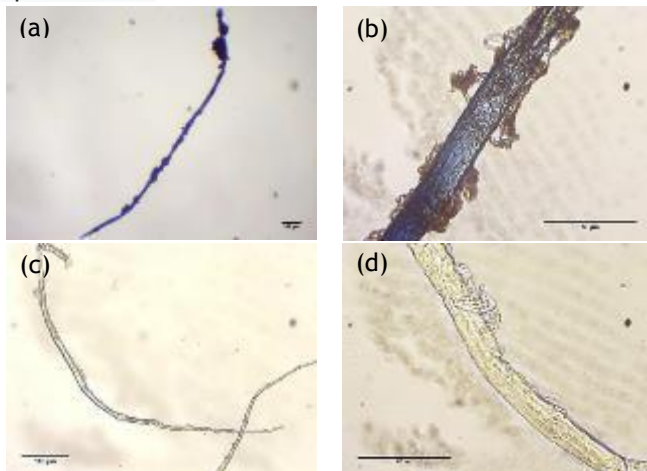
Jika komposisi potongan dipertanyakan, lepaskan dengan hati-hati dan periksa lebih lanjut di bawah mikroskop di mana struktur biologis lebih mudah terlihat. Pemeriksaan ini guna mengidentifikasi alga atau *micro debris* dengan biofouling (mis. Pertumbuhan alga pada permukaan *debris*).

- 5. **Variasi yang Harus Diperhatikan Saat Menggunakan Aturan Hidalgo-Ruz**

Hidalgo-Ruz *et al.* (2014) aturan untuk mengidentifikasi *micro debris*. Namun, akan menemukan beberapa variasi pada aturan ini.

- **Aturan 1: Tidak Ada Struktur Seluler atau Organik yang Terlihat**

*Micro debris* tidak akan pernah memiliki struktur seluler atau organik. Namun, biofouling dapat mengubah tampilan *debris*. Bahan organik dapat terlihat hanya pada permukaan *debris*. Perhatikan apakah ada struktur organik di seluruh bagian, atau hanya pada satu bagian atau permukaan.



Gambar 6. Serat *Micro Debris Biofouled*: (a), (b) Serat *Biofouled* Biru; (c), (d) Serat *Biofouled* Tembus.

Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

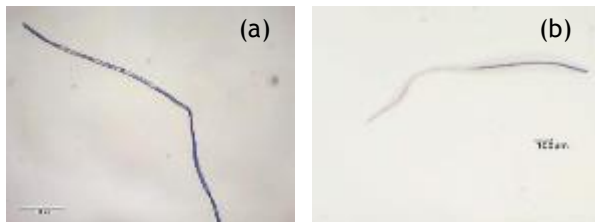


- **Aturan 2: Serat Harus Sama Tebal di Seluruh Panjangnya**  
Umumnya selalu berlaku untuk serat. Namun, terkadang perpecahan atau bercabang terlihat.



Gambar 7. Serat *Micro Debris* Berjumbai  
Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

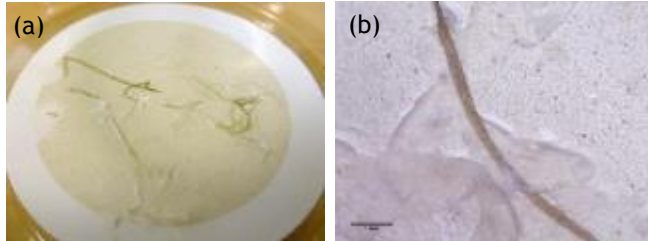
- **Aturan 3: Partikel harus menunjukkan warna yang jelas dan homogen di seluruh bagiannya**  
Beberapa *debris* tidak berwarna homogen, mungkin menemukan pola atau garis. Selain itu, biofouling berpotensi menyamarkan warna, atau sebagian serat mungkin memutih.



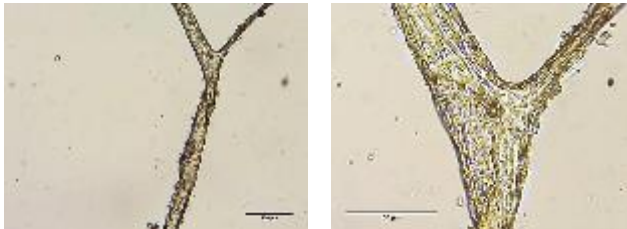
Gambar 8. Pengecualian terhadap Aturan: (a) Serat Biru Sebagian Diputihkan; (B) Serat merah, Putih dan Biru.  
Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

6. **Kandungan bahan Lainnya yang Dapat ditemukan pada kertas saring**
  - **Alga**  
Alga, terutama yang tembus cahaya, terkadang sulit dibedakan dari *debris* di bawah mikroskop. Bahkan ketika didorong, potongan biologis ini mungkin tidak pecah. Jika

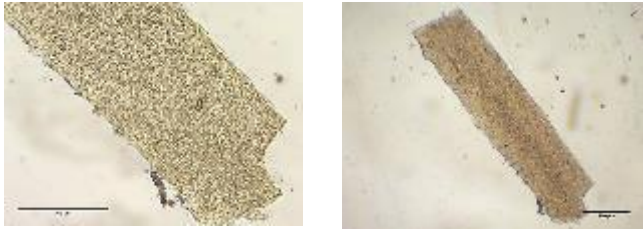
tidak yakin, cari struktur seluler di seluruh bagian. Jika terdapat struktur seluler atau organik hanya pada satu bagian, atau hanya pada permukaan, itu mungkin disebabkan oleh biofouling (Lihat Bagian 4).



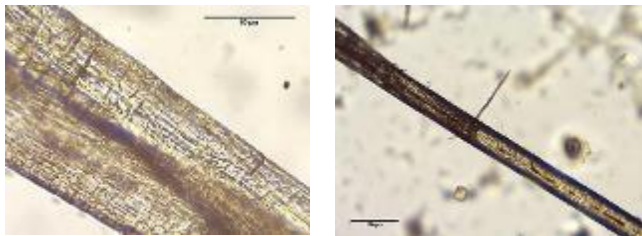
Gambar 8. Contoh-Contoh Alga: (a) Alga Ulva pada Kertas Saring Setelah Filtrasi; (b) *Film Tembus* dari Ganggang mungkin Terlihat sebagai *Film Debris*, tetapi Sangat Rapuh dan Pecah ketika didorong.  
Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)



Gambar 9. Sepotong Ganggang. Garpu yang Terlihat di Sini Biasanya Menunjukkan Alga. Perhatikan Struktur Seluler yang Terlihat di Seluruh Bagian.  
Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)



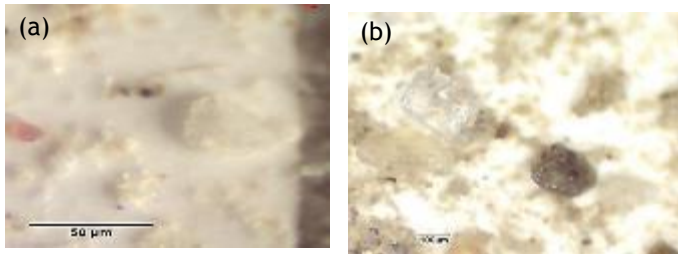
Gambar 10. Sepotong Ganggang. Perhatikan Struktur Seluler yang Terlihat di Seluruh. Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)



Gambar 11. Sepotong Ganggang. Perhatikan Struktur Seluler yang Terlihat di Seluruh. Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

- **Garam Kristal dan Pasir**

Potongan garam dan pasir juga terkadang terlihat mirip dengan *debris*. Namun, ketika didorong, kristal garam akan pecah dan pasir akan pecah dan terdengar seperti gelas pecah.

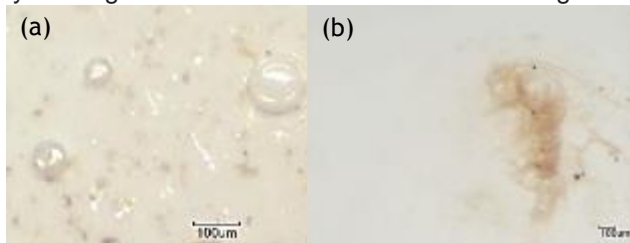


Gambar 11. Contoh Non-*debris*: (a) Kristal Garam; (c) Butir Pasir.

Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

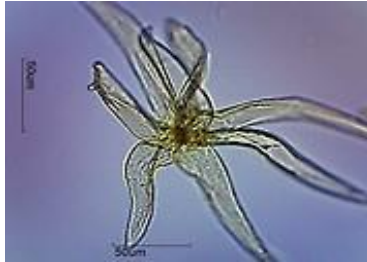
- **Hewan, Bagian Hewan dan Kerang**

Terdapat hewan, kerang, fitoplankton, zooplankton, dll., dalam sampel. Ini biasanya akan pecah atau kehilangan banyak integritas struktural mereka ketika didorong.



Gambar 12. Plankton. Mungkin hadir dalam Bentuk Struktur Mengkilap Geometris atau Mudah Dikenali sebagai Hewan Individu: (a) Diatom; (b) Copepod.

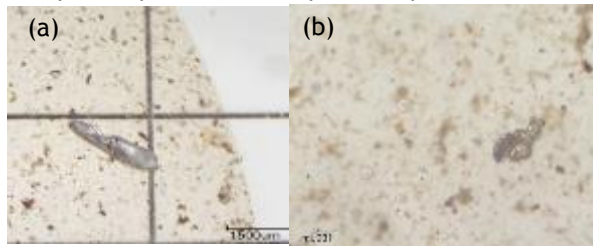
Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)



Gambar 13. Trikoma. Tampak seperti *Debris*, dan akan Keluar Begitu saja dari Filter Saat Didorong.  
 Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

- **Cat Logam dan Aluminium Foil**

Terdapat potongan-potongan cat logam atau aluminium foil dalam sampel. Cat logam berasal dari terkikisnya cat perahu. Potongan aluminium dapat mengelupas dari penutup atau peralatan sampel berlapis aluminium.



Gambar 14. Contoh Potongan Aluminium: (a) Potongan Besar; (B) Detail lebih Kecil.  
 Sumber : Hidalgo-Ruz *et al.* (2014)

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## Lampiran C

### Nama Lokasi Titik Sampling di Saluran Distribusi Surabaya Timur

Pengulang an 1	Pengulang an 2	Titik Sampling	Nama Pemilik Rumah	Daerah
10/03/2019	19/03/2019	T1	Ahmad Ghozi Al Ammar	Sukolilo
10/03/2019	19/03/2019	T2	Muhammad Rizal Setyawan	Sukolilo
10/03/2019	13/03/2019	T3	Achmad Nafila Rozie	Sukolilo
22/03/2019	23/03/2019	T4	Wenny Cahyani	Sukolilo
19/03/2019	25/04/2019	T5	Anita Sandy	Sukolilo
19/03/2019	21/03/2019	T6	Maulida Amalia Sari	Sukolilo
20/03/2019	21/03/2019	T7	Dina Mariana Yusuf	Sukolilo
10/03/2019	13/03/2019	T8	Azza Bilfarah Al Asrary	Sukolilo
25/03/2019	26/03/2019	T9	Imamah Miftakhul	Sukolilo
21/03/2019	24/03/2019	T10	Galuh Permata Habsari	Sukolilo
22/03/2019	25/03/2019	T11	Adhitia Satria Tio	Sukolilo
26/03/2019	28/03/2019	T12	Nadia Lailatus Sa'diyah	Sukolilo
23/03/2019	24/03/2019	T13	Ngizuddin Masro'i	Sukolilo
23/04/2019	24/04/2019	T14	Yohanes Candra Kurniawan	Sukolilo
23/04/2019	29/03/2019	T15	Fanny Fairus	Gubeng
09/05/2019	10/05/2019	T16	Ismiaty	Gubeng
26/04/2019	27/04/2019	T17	Khadak Muis	Gubeng
22/03/2019	27/03/2019	T18	Cindy Ramadhan	Gubeng
21/04/2019	23/04/2019	T19	Hj. Saidah Muhni	Gubeng
10/03/2019	20/03/2019	T20	Laily Mukarromah	Gubeng
21/04/2019	23/04/2019	T21	Nabila Lutfi	Gubeng
23/04/2019	26/03/2019	T22	Hana Olivia Damayanti	Gubeng
10/05/2019	12/05/2019	T23	Meidiana Ariantia	Mulyorejo
10/05/2019	11/05/2019	T24	Safa Aulia Putri	Mulyorejo
26/03/2019	27/03/2019	T25	Aldi Putra	Mulyorejo

Pengulang an 1	Pengulang an 2	Titik Sampling	Nama Pemilik Rumah	Daerah
27/03/2019	28/03/2019	T26	Muhammad Faidlal Aslah	Mulyorejo
11/05/2019	13/05/2019	T27	Nabila Arifah Syarafina	Mulyorejo
26/03/2019	28/03/2019	T28	Dimas Pradana	Mulyorejo
26/03/2019	28/03/2019	T29	Niza Azizah	Mulyorejo
27/03/2019	29/03/2019	T30	Meralda Rose Basuki	Mulyorejo
27/03/2019	28/03/2019	T31	Aprilia Widia Andini	Mulyorejo
28/03/2019	29/03/2019	T32	Marisa Dian	Mulyorejo
22/04/2019	25/04/2019	T33	Desya Soebandi	Tambak Sari
24/03/2019	25/03/2019	T34	Tutik Dwi Hartini	Tambak Sari
15/05/2019	16/05/2019	T35	Dewi Puji Rahayu	Tambak Sari
21/04/2019	23/04/2019	T36	Gilang Ardian	Wonokromo
19/04/2019	20/03/2019	T37	IPAM Ngagel III	Wonokromo



## Lampiran D.

### Komponen *Micro debris* Tidak Pasti

No	Nama Sampel	Tingkat Kemiripan <i>Micro Debris</i>		Library
		Persentase Kemiripan (%)	Komponen	
1	Biru	35,35	L-A-phosphatidyl inositol	Sigma Biological Sample Library
		33,83	Isomaltose approx 99%	Sigma Biological Sample Library
		32,34	(+) Beta-d-lactose	Aldrich Condensed Phase Sampel Library
		31,47	6-deoxy-d-glucose crystalline	Sigma Biological Sample Library
		29,95	6-Mono Acetymorphine in KBR	Georgia State Crime Lab Sampel Library
2	Hitam	38,29	Carbon dioxide	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
		23,43	Pentazocine HCL in KBR	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		23	Formaldehde (gas cell)	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		22,44	Triacontane, 99%	Aldrich Condensed Phase Sampel Library
		20,51	Ammonium-d4 bromide	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
		19,78	Levorphanol HCL in KBR	Georgia State Crime Lab Sampel Library
3	Kuning	20,4	Pentazocine HCL IN KBR	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		20,38	L-a-phosphatidyl inositol	Sigma Biological Sample Library
		18,5	Phenytoin in kbr	Georgia State Crime Lab Sampel Library

No	Nama Sampel	Tingkat Kemiripan <i>Micro Debris</i>		Library
		Persen tase Kemiripan (%)	Komponen	
		18,14	6-Monoacetyl morphine in kbr	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		17,84	Carbon dioxide, 99,8%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
		17,79	Cephalathin sodium in kbr	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		17,66	Formaldehde (gas cell)	Georgia State Crime Lab Sampel Library
4	Transpa ran	28,61	Carbon dioxide, 99,8%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
		21,29	Pentazocine HCL in KBR	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		19,66	Formaldehde (gas cell)	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		19,45	Opium powder in kbr	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		19,07	Sucrose in kbr	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		16,22	Isomaltose approx 99%	Sigma Biological Sample Library
		15,37	Morphne hcl in kbr	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		15,16	Quinine hcl in kbr	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		45,58	Isomaltose approx 99%	Sigma Biological Sample Library
5	Putih	44,54	Dextrose monohydrate powder	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		41,84	6-deoxy-d-glucose crystalline	Sigma Biological Sample Library

No	Nama Sampel	Tingkat Kemiripan <i>Micro Debris</i>		Library
		Persen tase Kemiripan (%)	Komponen	
		40,44	Beta-d-lactose	Aldrich Condensed Phase Sampel Library
		40,25	Dextrose anhydrous powder	Georgia State Crime Lab Sampel Library
		41,38	L-a-phosphatidyli nositol	Sigma Biological Sample Library
		36,24	Isomaltose approx 99%	Sigma Biological Sample Library
6	Merah	35,2	Beta-d-lactose	Aldrich Condensed Phase Sampel Library
		34,95	Monoeladin	Sigma Biological Sample Library
		33,94	6-monoacetylmorphine in kbr	Georgia State Crime Lab Sampel Library

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## Lampiran E.

### Data Keterkaitan Jarak, Tekanan Pipa, dan Kecepatan Aliran terhadap Kelimpahan *Micro debris*

Titik Samp ling	Kelimpahan <i>Micro debris</i> (patikel/L)	Tekanan pipa (N/m <sup>2</sup> )	Kecepat an Air (m/s <sup>2</sup> )	Jarak Titik Sampling ke IPAM Ngagel III (m)
1	67,00	7,7	0,21	8777
2	63,50	12,5	0,32	7925
3	32,00	12,4	0,23	6220
4	32,00	14,3	0,27	4463
5	29,00	15,9	0,29	6817
6	32,00	12,4	0,26	7109
7	22,00	9,9	0,46	7673
8	27,50	15,4	0,2	6806
9	39,50	30,4	1,08	2158
10	18,50	9,8	0,46	7656
11	36,50	7,7	1,3	4036
12	46,00	12,8	0,37	6230
13	18,00	13,1	2,09	6510
14	24,00	6,4	0,21	9040
15	33,00	13,2	0,31	4348
16	29,00	13,3	0,43	5687
17	33,00	6,1	0,14	3420
18	31,00	15,5	0,51	3688
19	23,00	16	0,28	3958
20	31,00	12,5	0,1	4127
21	23,00	12,8	0,15	4459
22	28,50	11,2	0,16	4192
23	32,50	14,5	1,02	9541

Titik Sampling	Kelimpahan <i>Micro debris</i> (partikel/L)	Tekanan pipa (N/m <sup>2</sup> )	Kecepatan Air (m/s <sup>2</sup> )	Jarak Titik Sampling ke IPAM Ngagel III (m)
24	19,50	9,1	0,09	9634
25	20,50	10,9	0,25	7351
26	18,00	9,2	0,22	9784
27	27,50	5,3	0,16	10254
28	26,00	14,4	0,22	4311
29	22,50	9,1	0,48	8464
30	44,50	11,2	0,42	7754
31	20,50	7,7	0,49	10055
32	54,00	9,7	0,32	9416
33	24,50	10,2	1,13	5054
34	29,00	8,8	0,27	6852
35	15,50	22,6	0,49	6901
36	43,00	21	1,43	409
37	22,00	47,3	2,16	1

## **Lampiran F.**

“HASIL UJI FTIR”

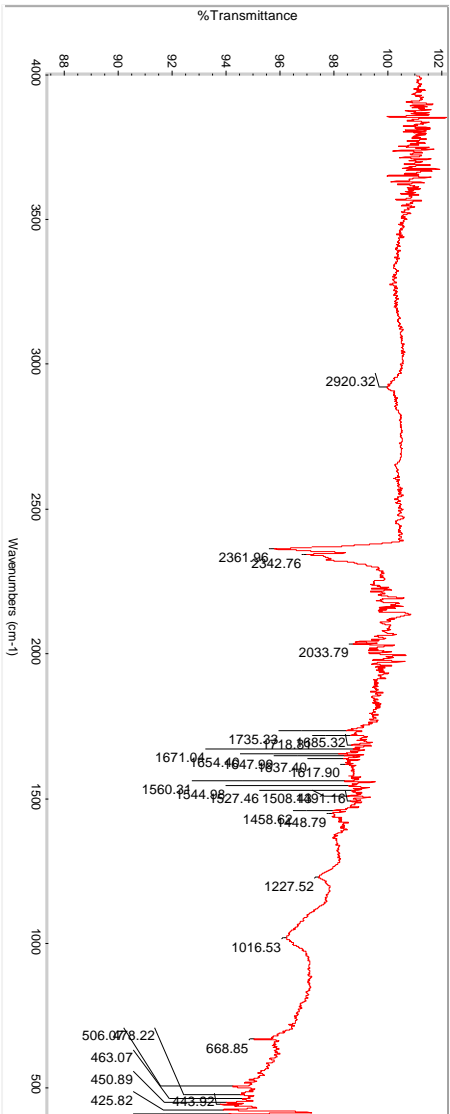
“Halaman ini sengaja dikosongkan”





Title: Kuning

Tue Apr 30 08:48:00 2019 (GMT+07:00)



Collection time: Tue Apr 23 10:26:42 2019 (GMT+07:00)  
Region: Region: Kuning  
Search type: 3495.26-455.13  
Correlation: 20.65  
Hit List:

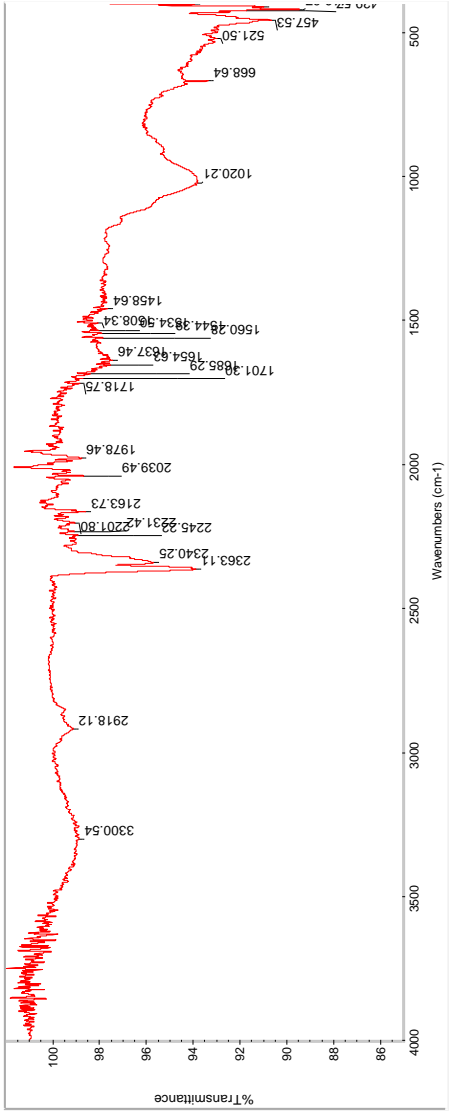
Index	Match	Compound name
21	21.12	POLY(ACRYLONITRILE)
29	20.65	POLY(VINYL ACETATE:ETHYLENE) 4:1
60	20.40	PENITAZOCINE HCL IN KBR
38	20.38	L-A-PHOSPHATIDYLINOSITOL
20	20.05	POLY(VINYL ACETATE:ETHYLENE) 3:1
31	18.50	PHENYTONIN KBR
118	18.14	6-MONOACETYLUMORPHINE IN KBR
14	17.84	Carbon dioxide, 99.8+%
4711	17.79	CEPHALATHIN SODIUM IN KBR
192	17.66	FORMALDEHYDE (GAS CELL)
20		

Spectrum: Kuning  
Region: 3495.26-455.13  
Search type: 3495.26-455.13  
Correlation: 20.65  
Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
21	21.12	POLY(ACRYLONITRILE)	Hummel Polymer Sample Library
29	20.65	POLY(VINYL ACETATE:ETHYLENE) 4:1	Hummel Polymer Sample Library
60	20.40	PENITAZOCINE HCL IN KBR	Georgia State Crime Lab Sample Library
38	20.38	L-A-PHOSPHATIDYLINOSITOL	Georgia State Crime Lab Sample Library
20	20.05	POLY(VINYL ACETATE:ETHYLENE) 3:1	Hummel Polymer Sample Library
31	18.50	PHENYTONIN KBR	Hummel Polymer Sample Library
118	18.14	6-MONOACETYLUMORPHINE IN KBR	Georgia State Crime Lab Sample Library
14	17.84	Carbon dioxide, 99.8+%	Georgia State Crime Lab Sample Library
4711	17.79	CEPHALATHIN SODIUM IN KBR	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
192	17.66	FORMALDEHYDE (GAS CELL)	Georgia State Crime Lab Sample Library
20			Georgia State Crime Lab Sample Library

Tue Apr 30 09:10:00 2019 (GMT+07:00)

Title: Transparent



Collection time: Tue Apr 23 10:22:18 2019 (GMT+07:1

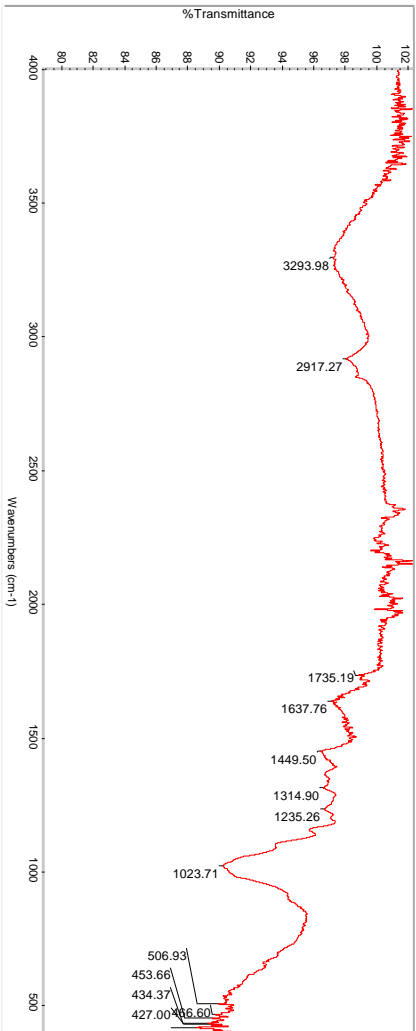
Spectrum: Transparent  
 Region: 3495.26-455.13  
 Search type: Correlation

Hit List:

Index	Compound name	Match
4711	Carbon dioxide	99.8%
60	PENTAZOCNE HCL IN KBR	21.29
20	FORMALDEHYDE (GAS CELL)	19.66
113	OPUM POWDER N KBR	19.45
40	CELLOPHANE	19.08
109	SUCROSE N KBR	18.07
91	ISOMALTOSE APPROX 99%	16.22
149	MORPHINE HCL IN KBR	15.37
8	CELLOPHANE	15.31
126	QUININE HCL IN KBR	15.16

- Library
- HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
- Georgia State Crime Lab Sample Library
- Georgia State Crime Lab Sample Library
- Georgia State Crime Lab Sample Library
- Hummel Polymer Sample Library
- Georgia State Crime Lab Sample Library
- Sigma Biological Sample Library
- Georgia State Crime Lab Sample Library
- Hummel Polymer Sample Library
- Georgia State Crime Lab Sample Library

Transmittance vs Wavenumber (cm-1) plot showing % Transmittance on the y-axis (86 to 100) and Wavenumbers (cm-1) on the x-axis (4000 to 500). The plot shows a red line representing the spectrum with several sharp absorption bands. Key peaks are labeled with their wavenumber values: 3300.54, 2918.12, 2363.11, 2340.25, 2245.22, 2201.80, 2163.73, 2039.49, 1978.46, 1718.79, 1701.98, 1685.29, 1654.93, 1637.46, 1560.48, 1544.93, 1508.34, 1458.64, 1020.21, 668.64, 521.50, and 457.53.



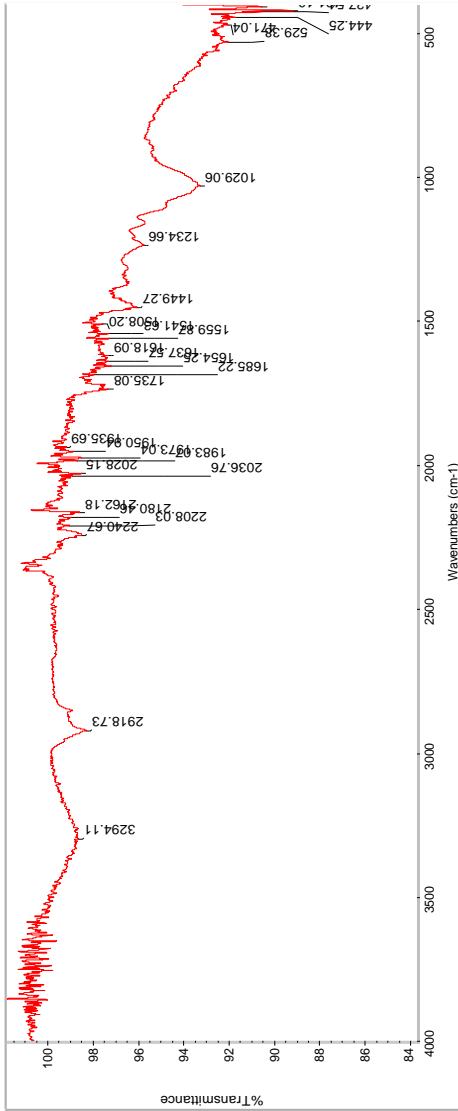
Collection time: Tue Apr 23 10:34:38 2019 (GMT+07:00)      Path:      Report:      Spectrum:      3495.26-455.13

Tue Apr 30 08:50:37 2019 (GMT+07:00)

Region	Path	Region	Path	Match	Compound name	Library
Absolute threshold	400.00	Absolute threshold	400.00	61.02	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
Sensitivity	95.146	Sensitivity	95.146	48.25	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
Resolution	50	Resolution	50	45.58	SOMMALTSE	Sigma Biological Sample Library
Resolution	419.22	Resolution	88.483	44.54	DEXTROSE APPROX 99%	Georgia State Crime Lab Sample Library
Resolution	427.00	Resolution	89.400	41.84	6-DEOXY-D-GALUCOSE POWDER	Sigma Biological Sample Library
Resolution	434.37	Resolution	88.211	41.25	Chiboard K540 4.2% N	HR Hummel Polymer and Addives
Resolution	469.60	Resolution	89.665	40.93	Wood + melamine-formaldehyde resin	HR Hummel Polymer and Addives
Resolution	506.93	Resolution	89.882	40.44	(+)-BETA-D-LACTOSE	Aldrich Condensed Phase Sample Library
Resolution	1023.71	Resolution	90.175	40.25	DEXTROSE ANHYDROUS POWDER N KBR	Georgia State Crime Lab Sample Library
Resolution	1235.26	Resolution	96.626	40.06	Chiboard K540 2.9% N	HR Hummel Polymer and Addives
Resolution	1449.50	Resolution	96.383			
Resolution	1637.76	Resolution	96.762			
Resolution	1735.19	Resolution	96.792			
Resolution	3293.98	Resolution	97.155			
Resolution	3293.98	Resolution	97.155			

Tue Apr 30 08:49:21 2019 (GMT+07:00)

Title: Merah



Collection time: Tue Apr 23 10:30:19 2019 (GMT+07:00)

Spectrum: Merah  
 Region: 3495.26-455.13  
 Search type: Correlation  
 Hit List:

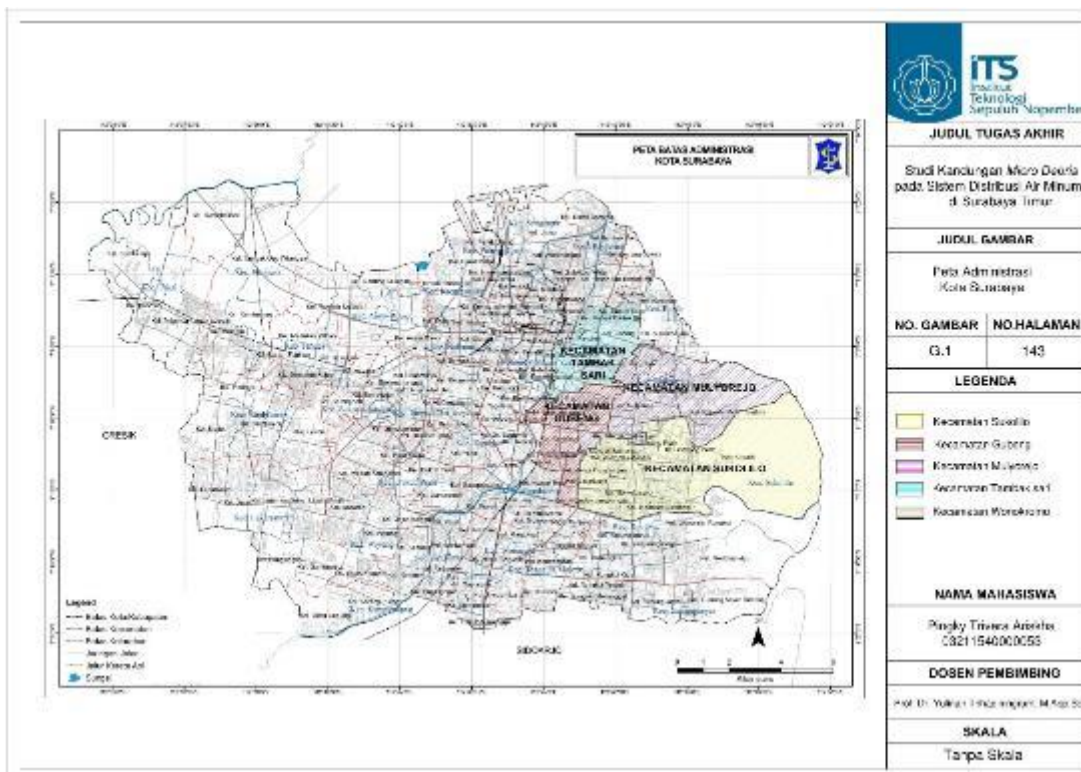
Index	Compound name	Match	Library
38	L-A-PHOSPHATIDYLINOSITOL	41.38	Sigma Biological Sample Library
42	POLY(STYRENE-ACRYLONITRILE:MM)	39.29	Hummel Polymer Sample Library
40	CELLOPHANE	37.47	Hummel Polymer Sample Library
21	POLY(ACRYLONITRILE)	36.37	Hummel Polymer Sample Library
91	ISOMALTOSE APPROX 99%	36.24	Sigma Biological Sample Library
7	(+)-BETA-D-LACTOSE	35.20	Aldrich Condensed Phase Sample Library
31	POLY(VINYL ACETATE(ETHYLENE) 3:1	35.01	Hummel Polymer Sample Library
54	MONOLAIDIN	34.95	Sigma Biological Sample Library
14	6-MONOACETYL MORPHINE IN KBR	33.94	Georgia State Crime Lab Sample Library
20	URETHANE ALKYD, LINSEED OIL-RICH	33.75	Hummel Polymer Sample Library

“halaman ini sengaja dikosongkan”

**Lampiran G**  
"Peta Kota Surabaya"

“halaman ini sengaja dikosongkan”





**JUDUL TUGAS AKHIR**

Studi Kelayakan Mikro Dokerla pada Sistem Distribusi Air Minum di Surabaya Timur

**JUDUL GAMBAR**

Peta Administrasi Kota Surabaya

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
G.1	143

**LEGENDA**

- Kecamatan Sukoharjo
- Kecamatan Gubeng
- Kecamatan Mulyorejo
- Kecamatan Tambora
- Kecamatan Wonorejo

**NAMA MAHASISWA**

Pegky Triana Arista  
021154000055

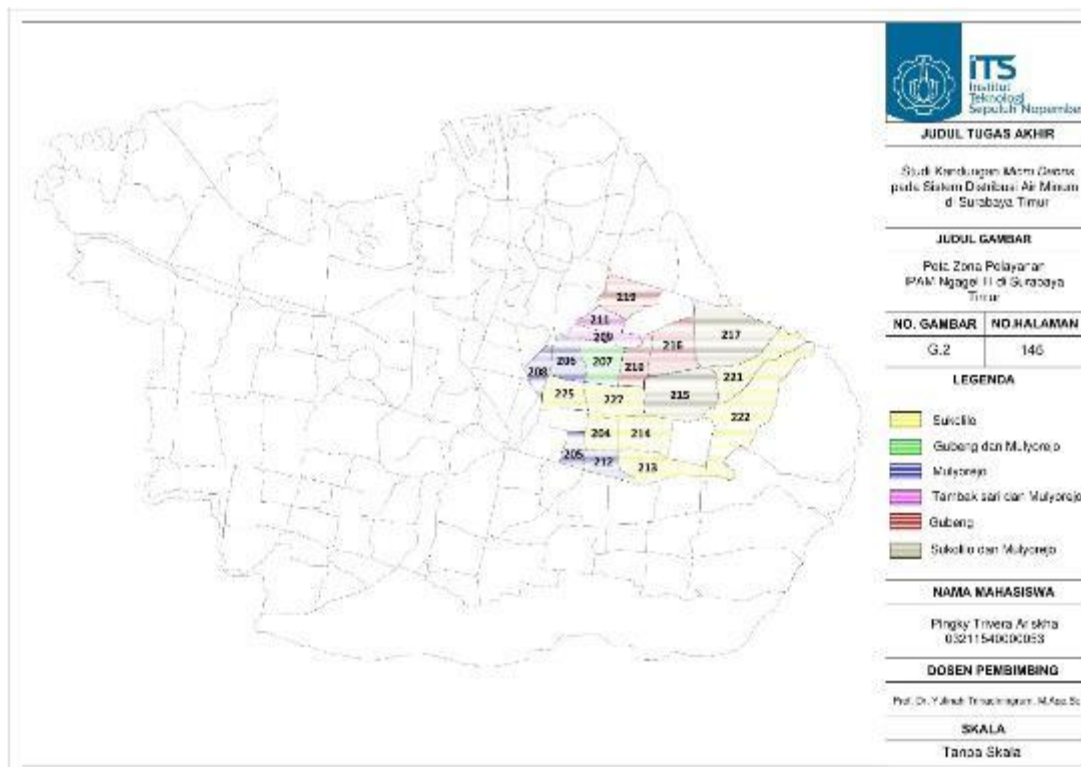
**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Dr. Yuliana Idris, M.Eng., M.Eng., M.Eng.

**SKALA**

Tanpa Skala

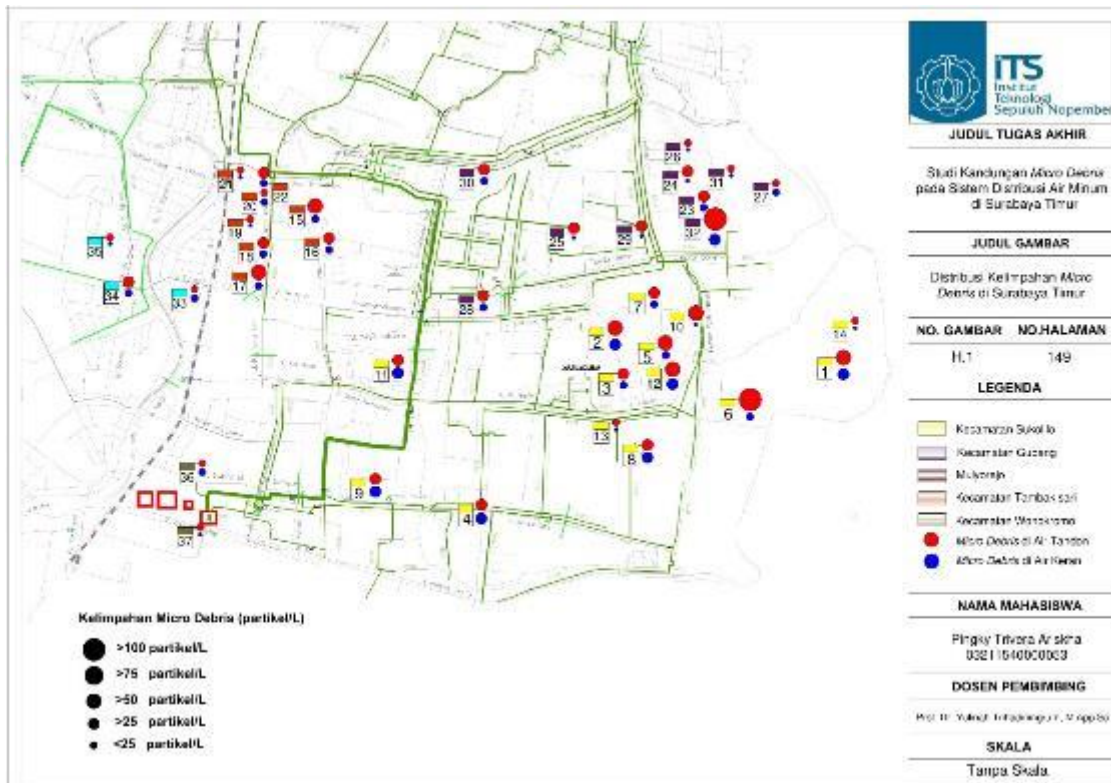
Halaman ini sengaja dikosongkan



Halaman ini sengaja dikosongkan

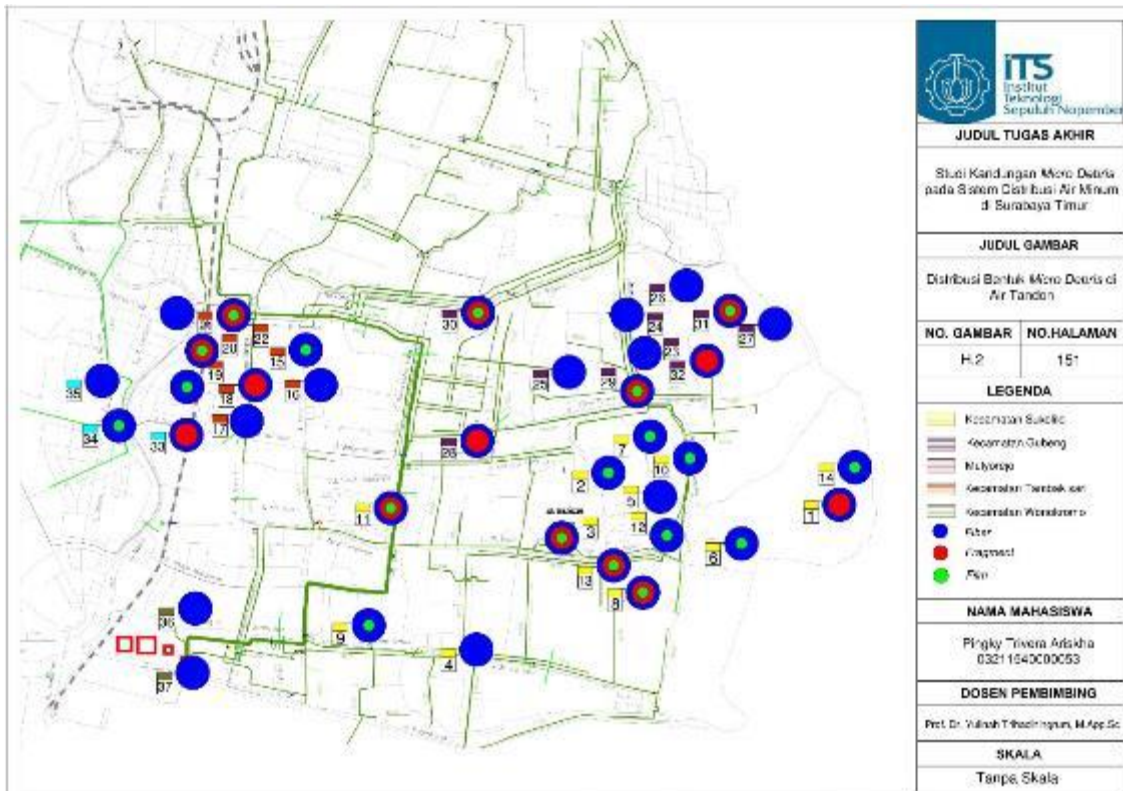
**Lampiran H**  
“Distribusi *Micro Debris* di Surabaya Timur”

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

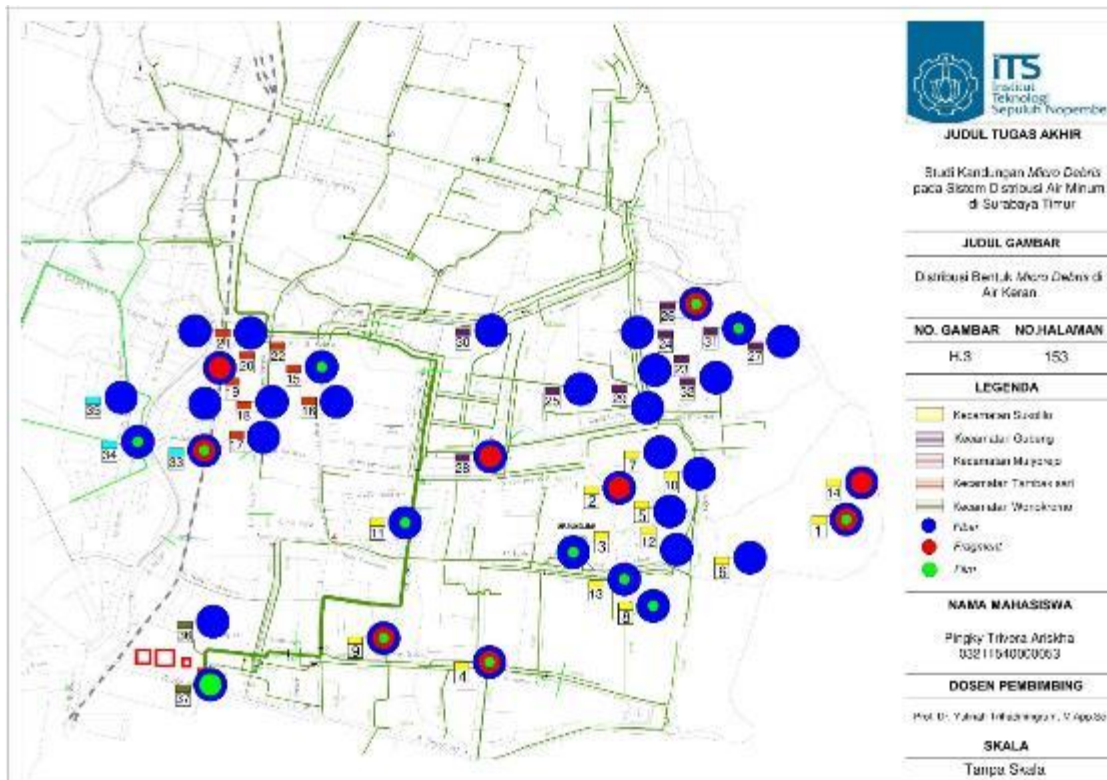


Halaman ini sengaja dikosongkan”

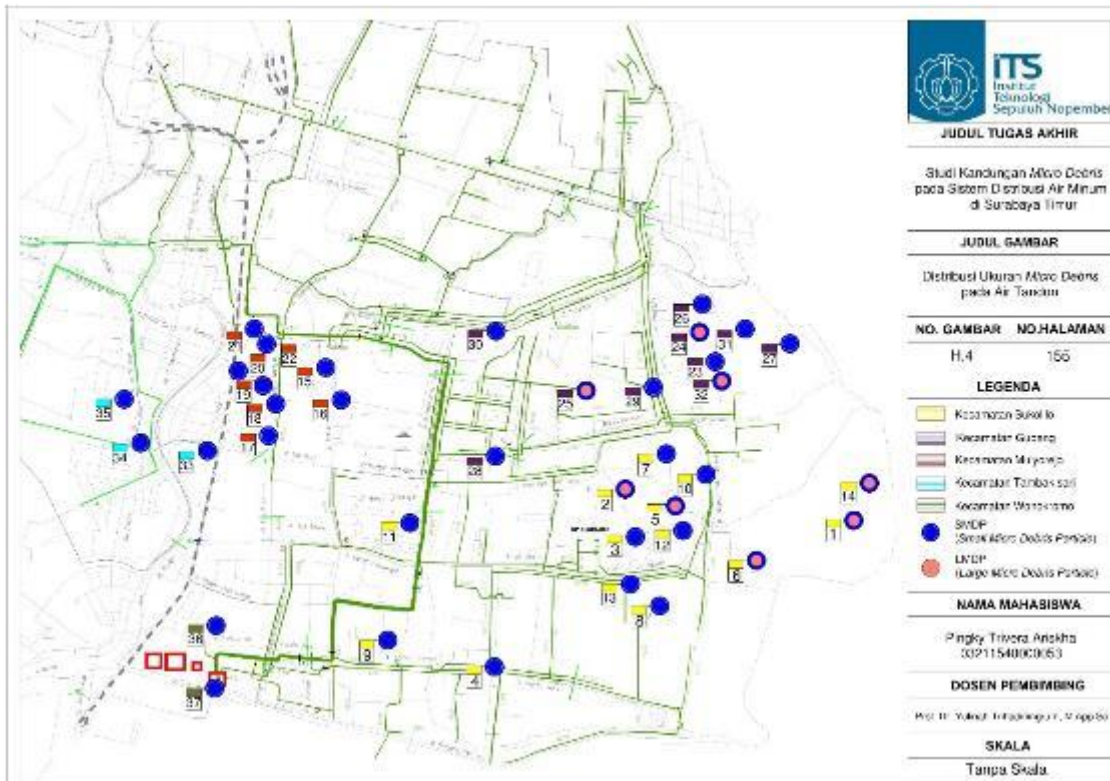




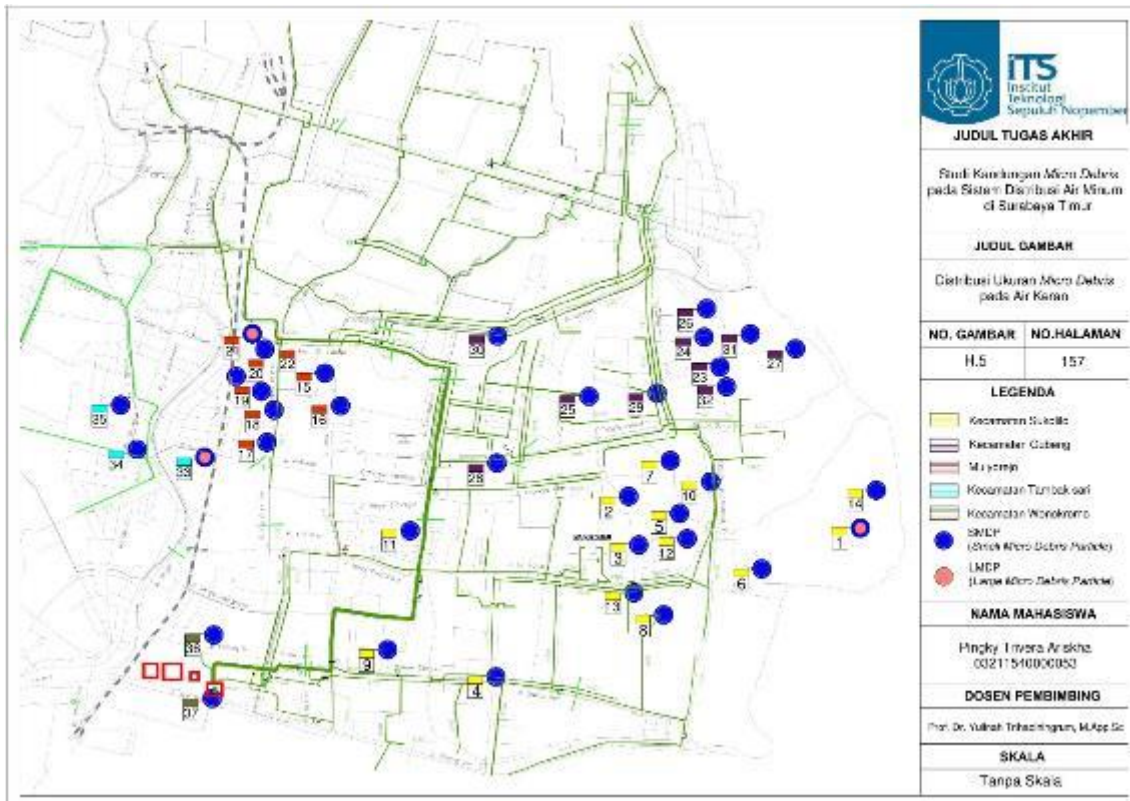
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



“Halaman ini sengaja dikosongkan”





## BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Gresik, 8 April 1996, dengan nama lengkap Pingky Trivera Ariskha. Penulis merupakan anak terakhir dari 4 bersaudara.




Riwayat pendidikan penulis yaitu SDN Sidomoro 1, SMP Negeri 1 Gresik, dan SMA Negeri 1 Manyar, dan akhirnya penulis masuk menjadi mahasiswa Teknik Lingkungan angkatan 2015 melalui jalur SNMPTN dengan

NRP 03211540000053.

Selama kuliah penulis bergabung dalam organisasi kemahasiswaan, yaitu Badan Eksekutif Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember, UKM Penalaran, Trainer Keilmiahan dan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan. Penulis aktif dalam berbagai Lomba Karya Tulis Ilmiah Nasional (LKTIN). Penulis pernah mendapatkan prestasi Juara Best Poster *Research of Applied Chemistry Competition* (REACTION) 2017 dan juara 2 *Chemical Engineering Paper Competition* (CEPTION) 2018. Penulis juga memiliki pengalaman kerja praktik pada divisi Lingkungan Hidup di PT. Pupuk Kalimantan Timur. Penulis dapat dihubungi melalui email pingkyl15@gmail.com.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## Berita Acara Seminar Progres

	<b>FACULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN-ITS</b> Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp. 031-8246385, Fax: 031-8223387	
S1-TL-43 dia: Genap 2018/2019	<b>TUGAS AKHIR</b>	Kode/SKS : RE184804 (080) No. Revisi: 01
<b>FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02</b> <b>Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing</b> <b>Seminar Kemajuan Tugas Akhir</b>		
tanggal : Senin, 8 Mei 2019 di : 11.00 - 12.00 di : TL 101 di : Studi Kandungan Mikroplastik pada Sistem Distribusi Air Minum Daerah Surabaya Timur di IPAM Ngagai III di : Pngky Triana Arisatya : 0321154000063 k : Penelitian	Nilai TOEFL : 477  Tanda Tangan 	
Hal.	<b>Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir</b>	
	<p>                     Judul : <i>Inkorporasi dengan mikrodebris</i>                      Sumber ITS : <i>diambil dari</i>                      - <i>perhatikan juga jika ke titik?</i>                      - <i>Tidak asal lakukan analisis.</i>                      - <i>karena yg monitor, biologi, industri dan lingkungan</i> </p> <p style="text-align: right;">                       28/5                 </p>	
dan Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretaris Program Sarjana jika ada siswa mahasiswa atau staf asisten kepada Dosen Pembimbing yang ditunjukkan bernama resmi buku untuk mendapat persetujuan Dosen Pembimbing		
berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:		
1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir 2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir		
dan Pembimbing Dr. Yuliah Trihadaningrum, M.Apa.Sc.		



## Formulir Asistensi Tugas Akhir (FTA-03)



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

FORM FTA-03

### KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Rizky Tiara Ananda  
 NRP : 501.019.000045  
 Judul : Studi Kelayakan Mikro Debris pada Sampah Terbuang Air Manis  
 Samping Surabaya Timur di WAW Negel III

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf								
19	Mei 2019	Grafik lingkaran diubah jadi Tabel. <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>10 sampel</td> <td>5 sampel</td> <td>Tingkat konkritasi dan materialitas</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Materialitas</td> <td>komponen m<sup>3</sup>/t</td> </tr> </table> <p>Berdasarkan nama yang sudah di Fikr.                      - Sampah ditambahi magnet + prosedur (relieve hingga 10L-20L)                      - Samp &amp; mikroplastic diukur jadi mikrodebris.</p>	10 sampel	5 sampel	Tingkat konkritasi dan materialitas				Materialitas	komponen m <sup>3</sup> /t	<i>[Signature]</i>
10 sampel	5 sampel	Tingkat konkritasi dan materialitas									
		Materialitas	komponen m <sup>3</sup> /t								
20	Mei 2019	Melengkapi data yang belum diuraikan. Diperbaiki dalam tabel dan penulisan maupun format. Foto retempahan.	<i>[Signature]</i>								
21	Juni 2019	Melengkapi data di 37 titik sampling dan foto persampahan. Pelingkiran, ukuran dan bentuk mikro debris.	<i>[Signature]</i>								
24	Juni 2019	Melengkapi foto retempahan mikro debris.	<i>[Signature]</i>								
27	Juli 2019	Asistensi pengumpulan persampahan selang 15cm -velgung reot -Pukul sumbu	<i>[Signature]</i>								

Surabaya, 25 Juli 2019  
 Dosen Pembimbing

*[Signature]*  
 Prof. Dr. Yuliana Tjahjadiningsih, M. App. Sc

## Berita Acara Sidang Tugas Akhir



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN - ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-8548888, Fax: 031-8263387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE184804 (0/0/0)  
No. Revisi: 01

### FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02 Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 6 Juli 2019 Nilai TOEFL : 477  
Pukul : 09.30-11.30 WIB  
Lokasi : TL 102  
Judul : Studi Kandungan Mikro Deteksi pada Sistem Distribusi Air Minum di Surabaya Timur

Nama : Prisky Triana Anesta  
NRP. : 0321154000055  
Topik : Penelitian

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Abstrak diperbaiki lagi dan diijermedikan.</li><li>- Saran → bahas dulu di pembimbing.</li><li>- Intensi di sempatkan.</li><li>- Hasil analisis statistik di jelaskan.</li><li>- Daftar tabel dibelakang, tabel yg layak dan non-bidang readable pd file'nya.</li></ul> <p style="text-align: right;"><i>Jenif</i></p>

Dosen Pembimbing akan menggunakan formulir UTA-02 ini sebagai alat Program Sarjana  
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat kedatangan kepada Dosen Pembimbing  
Formulir dikembalikan bersama revisi atau sesuai mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Yuliah Trihadiningrum, M. App.Sc

*Jenif*

## Formulir Perbaikan Laporan Tugas Akhir (FTA-05)



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

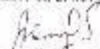
FORM FTA-05

### FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Piggly Trivera Anissha  
NRP : 0320540000064  
Judul Tugas Akhir : studi kelayakan Mikro Debris pada sistem Daur-ulah Air Hitam di Surabaya.

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Desain dan grafik diurutkan bentuk, warna, dan ukuran Mikro Debris	Sudah ditambahkan penamaan tiap grafik disertai bentuk, warna, dan ukuran Mikro Debris. (Halaman 51 - 55) 7.
2.	Perbaikan data kecepatan, jarak, dan tekanan menggunakan kemampuan mikro Debris pada air keran	Sudah dilakukan penambahan jarak, kecepatan dan tekanan terhadap kemampuan mikro Debris pada air keran. Perbaikan menggunakan data uji lapangan 2019 (Halaman 59 - 85)
3.	Penelitian pengaruh perilaku dampak manusia dan lingkungan	Sudah ditambahkan dampak manusia hingga ke lingkungan (Halaman 14)
4.	Melengkapi dan memperbaiki tulisan yang masih salah	Sudah dilengkapi tulisan yang salah (Halaman 11, 21, 14, 12)

Dosen Pembimbing

  
Prof. Dr. Nulman Triandahengrue, M. App. Sc.

Mahasiswa

  
Piggly Trivera Anissha