

**PENGANGKUTAN DAN EFEK PARTIKEL MIKROPLASTIK
PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH**

TUGAS AKHIR TERJEMAHAN ARTIKEL JURNAL ILMIAH

Diajukan Oleh:

CUT NADYA

NIM. 140702023

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2020 M / 1442 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGANGKUTAN DAN EFEK PARTIKEL MIKROPLASTIK PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

TUGAS AKHIR TERJEMAHAN ARTIKEL JURNAL ILMIAH

Sesuai dengan Keputusan Rektor Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Nomor 14 tahun 2020 tentang Pedoman Pelaksanaan Penyelesaian Tugas Akhir
Mahasiswa Strata satu (S-1) Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada
Masa Tanggap Darurat *Coronavirus Disease* 2019 (Covid-19)

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Prodi Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:

CUT NADYA

NIM. 140702023

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui Oleh:

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIDN. 2002028301



Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.
NIDN. 2015118002

LEMBAR PENGESAHAN

PENGANGKUTAN DAN EFEK PARTIKEL MIKROPLASTIK PADA INSTALASI PEMGOLAHAN AIR LIMBAH

TUGAS AKHIR TERJEMAHAN ARTIKEL JURNAL ILMIAH

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada
hari/tanggal:

Rabu, 19 Agustus 2020
25 Dzulhijjah 1442 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir Terjemahan Artikel Jurnal Ilmiah

Ketua,

Sekretaris,


Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIDN. 2002028301


Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.
NIDN. 2015118002

Penguji I,

Penguji II,


Aulia Rohendi, M.Sc.
NIDN. 2010048202


Arief Rahman, S.T., M.T.
NIDN. 2010038901

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Azhar Amsal, M.Pd.
NIDN. 2001066802

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENERJEMAHAN ARTIKEL
JURNAL ILMIAH**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cut Nadya
NIM : 140702023
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Proposal : Pengangkutan Dan Efek Partikel Mikroplastik Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan Tugas Akhir Terjemahan Artikel Ilmiah ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkannya;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Apabila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 22 Agustus 2020

Yang Menyatakan,




Cut Nadya
NIM. 140702023

KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Swt., karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir pengganti Skripsi yaitu menerjemah *Journal of Environmental Chemical Engineering* dengan judul Artikel Ilmiah “*Transport and Fate of Microplastic Particles in Wastewater Treatment Plants*”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana pada Program Studi Strata-1 Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis mengalami kendala karena pandemi Virus Corona atau Covid-19. Namun, berdasarkan keputusan Rektor UIN Ar-Raniry No. 14 Tahun 2020 tentang pedoman pelaksanaan penyelesaian Tugas Akhir mahasiswa Strata satu (S-1) Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada masa tanggap darurat Covid-19. Maka penulis mengambil pilihan untuk menerjemahkan Artikel Ilmiah.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini penulis menerima banyak sekali bantuan, dukungan, kritik, saran dan doa, sehingga Tugas Akhir ini berhasil diselesaikan. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Azhar Amsal, M.Pd
2. Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si. Selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan.
3. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc Selaku Pembimbing Tugas Akhir
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
5. Ucapan Terima Kasih yang teristimewa kepada Ayahanda alm. T. Syahrul dan Ibunda Cut Rohana karena berkat pengorbanan, dukungan dan doa keduanya lah penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Ucapan Terima Kasih juga kepada Kakak tercinta Cut Nilda dan Abang tercinta T. Naldi yang

telah banyak memberikan motivasi untuk menjadi lebih baik di masa yang akan datang.

6. Terima kasih kepada teman-teman seangkatan 2014, terlalu banyak suka cita bersama kalian yang tidak mudah dilupakan.
7. Ucapan terima kasih kepada suami T.M. Masyhuri yang telah membantu penulis mengerjakan tugas akhir dari awal hingga akhir

Akhir kata penulis berharap Allah Swt. membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan limpahan berkah dan rahmat-Nya. Semoga penulisan ini bermanfaat untuk pengembangan keilmuan dan pengetahuan di masa depan.

Banda Aceh, 22 Agustus 2020

Cut Nadya
140702023



DAFTAR ISI

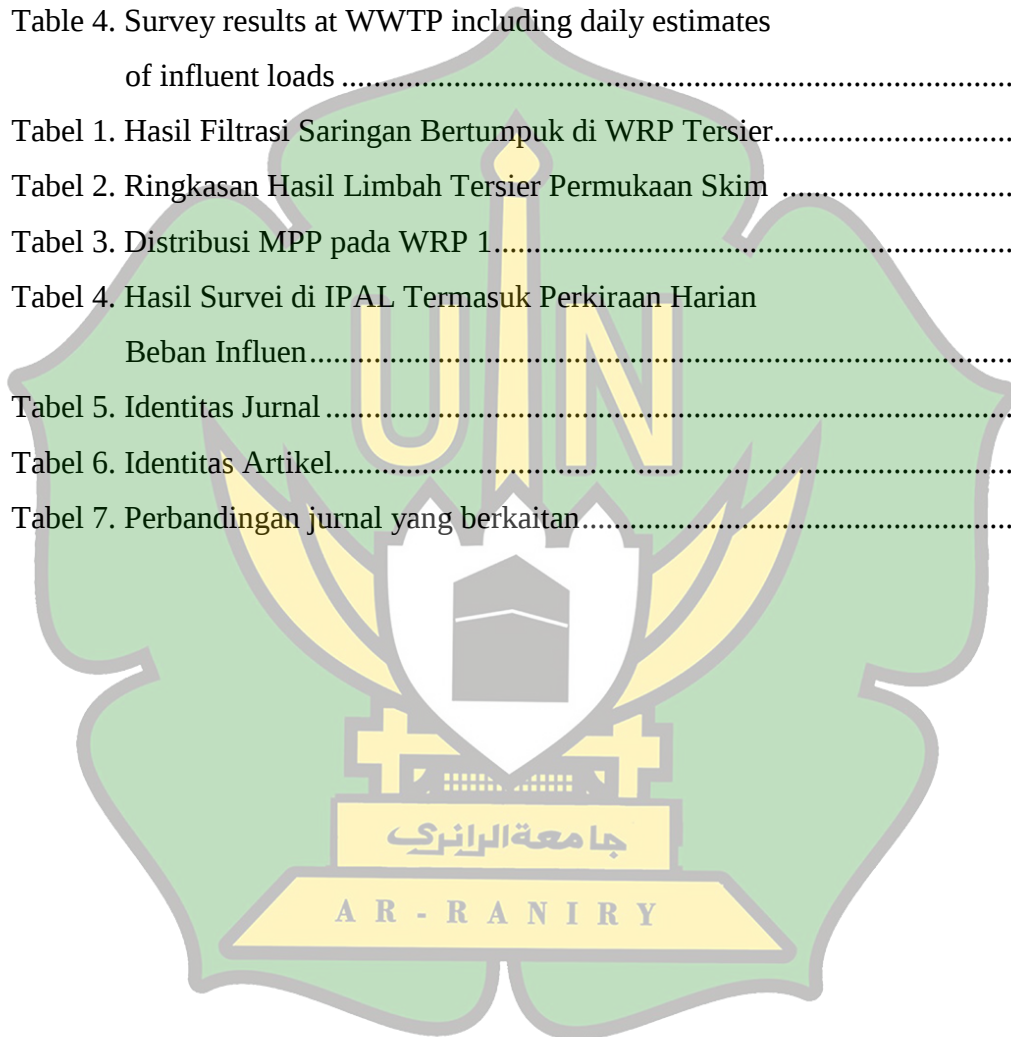
COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I ARTIKEL ASLI	1
Abstract	1
1.1. Introduction.....	1
1.2. Material and Methods	3
1.2.1. Microplastics	3
1.2.2. Bench-Scale Studies	3
1.2.3. Field Sampling	5
1.2.4. Sampling Method	5
1.2.5. Sample Processing	7
1.2.6. Characterization of Samples	8
1.3. Result and Discussion	8
1.3.1 Bench-Scale Studies.....	8
1.3.2 Tertiary WRPs.....	11
1.3.3 Wastewater/Solids Handling Facility (a Second Plant)	15
1.4. Conclusions.....	18
References	20
BAB II TERJEMAHAN ARTIKEL.....	23
Abstrak	23
2.1. Pendahuluan.....	24
2.2. Bahan dan Metode	25
2.2.1. Mikroplastik	25
2.2.2. Studi Bench Scale.....	26
2.2.3. Pengambilan Sampel Lapangan	27

2.2.4. Metode Pengambilan Sampel.....	27
2.2.5. Proses Sampel	29
2.2.6. Karakterisasi Sampel.....	31
2.3. Hasil dan Pembahasan.....	31
2.3.1. Studi Bench Scale.....	31
2.3.2. WRP Tersier.....	34
2.3.3. Fasilitas Penanganan Air Limbah/Padatan (Instalasi Sekunder).....	38
2.4 Kesimpulan	42
BAB III PEMBAHASAN	43
3.1. Data Jurnal dan Data Artikel.....	45
3.1.1. Identitas Jurnal	45
3.1.2. Identitas Artikel.....	45
3.2. State of Art.....	45
3.3. Kelebihan/Keunggulan dari Penelitian	49
3.4. Kekurangan/Kelemahan dari Penelitian.....	49
3.5. Dampak Penelitian	49
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
4.1. Kesimpulan	50
4.2. Saran	50



DAFTAR TABEL

Table 1. Results of stacked sieve filtration at tertiary WRPs.....	12
Table 2. Result summary of surface-skimmed tertiary effluent.....	14
Table 3. MPPs distribution at WRP 1	14
Table 4. Survey results at WWTP including daily estimates of influent loads	17
Tabel 1. Hasil Filtrasi Saringan Bertumpuk di WRP Tersier.....	37
Tabel 2. Ringkasan Hasil Limbah Tersier Permukaan Skim	37
Tabel 3. Distribusi MPP pada WRP 1.....	37
Tabel 4. Hasil Survei di IPAL Termasuk Perkiraan Harian Beban Influen.....	39
Tabel 5. Identitas Jurnal	45
Tabel 6. Identitas Artikel.....	45
Tabel 7. Perbandingan jurnal yang berkaitan.....	46



DAFTAR GAMBAR

Figure 1. Map showing treatment plant locations.....	6
Figure 2. Typical processes of a tertiary WRP	7
Figure 3. MPPs.....	10
Figure 4. Average size distribution of microplastics in toothpaste.....	10
Gambar 1. Peta lokasi instalasi pengolahan.....	29
Gambar 2. Proses WRP tersier.....	30
Gambar 3. MPP.....	34
Gambar 4. Distribusi ukuran rata-rata mikroplastik dalam pasta gigi.....	34



BAB I

ARTIKEL ASLI

Transport And Fate Of Microplastic Particles In Wastewater Treatment Plants

Steve A. Carr, Jin Liu*, Arnold G. Tesoro

San Jose Creek Water Quality Control Laboratory, Sanitation Districts of Los Angeles County, 1965 South Workman Mill Road, Whittier, CA 90601, USA

Abstract

Municipal wastewater treatment plants (WWTPs) are frequently suspected as significant point sources or conduits of microplastics to the environment. To directly investigate these suspicions, effluent discharges from seven tertiary plants and one secondary plant in Southern California were studied. The study also looked at influent loads, particle size/type, conveyance, and removal at these wastewater treatment facilities. Over 0.189 million liters of effluent at each of the seven tertiary plants were filtered using an assembled stack of sieves with mesh sizes between 400 and 45 μm . Additionally, the surface of 28.4 million liters of final effluent at three tertiary plants was skimmed using a 125 μm filtering assembly. The results suggest that tertiary effluent is not a significant source of microplastics and that these plastic pollutants are effectively removed during the skimming and settling treatment processes. However, at a downstream secondary plant, an average of one microparticle in every 1.14 thousand liters of final effluent was counted. The majority of microplastics identified in this study had a profile (color, shape, and size) similar to the blue polyethylene particles present in toothpaste formulations. Existing treatment processes were determined to be very effective for removal of microplastic contaminants entering typical municipal WWTPs.

1.1. Introduction

Microplastic particles, often smaller than 5 mm, are primarily made of polyethylene, polypropylene and other polymers. As the production and utility of

plastic steadily increased over the decades, the occurrence of microplastics in the environment has likewise escalated and these new pollutants are now commonly found in rivers (McCormick et al., 2014, Yonkos et al., 2014), lakes (Eriksen et al., 2013, Free et al., 2014), and shorelines (Thompson et al., 2004, Browne et al., 2011). Microplastics have been shown to have negative impacts on aquatic organisms in our environment. von Moos et al. (2012) reported microplastics were taken up by cells of the blue mussel *Mytilus edulis*, where experimental exposures induced adverse effects on the tissue of the mussel. Cole et al. (2013) found microplastics were ingested by zooplankton, commonly drifting in salt and fresh water. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), a group of flame retardants widely applied in electronics, were shown to be assimilated from microplastics by a marine amphipod, *Allorchestes Compressa* (Chua et al., 2014). Because of their hydrophobic nature (Cole et al., 2013), microplastics tend to absorb PBDEs, endocrine disrupting compounds (EDCs), pharmaceuticals and personal care products (PPCPs), along with other persistent organic pollutants in aqueous media. Concentrations of PBDEs, EDCs and PPCPs, which are detected at parts per trillion levels in many effluent samples (Nelson et al., 2011; Liu and Carr, 2013), could be adsorbed and enriched on the surfaces of microplastic particles (MPPs). These toxic pollutants may eventually enter into an ecosystem's food chain if the contaminated plastic residues are ingested by fish, aquatic invertebrates, and other wildlife (Ivar do Sul and Costa, 2014).

Microplastic particles (MPPs) are present in numerous personal care and cosmetic products such as lotions, soaps, facial and body scrubs and toothpaste. Many of these products are used daily in the United States and around the world. When used, the microplastics in cosmetics are rinsed directly down household drains; these MPPs and other plastic debris end up at municipal wastewater treatment plants (WWTPs). In some published reports (McCormick et al., 2014, Browne et al., 2011), WWTPs were mentioned as potential sources of microplastics in aquatic systems. However, other researchers were unable to confirm a direct link between microplastic pollution in rivers and WWTPs (Kein et al., 2015). The debate over whether discharged effluents contribute

significantly to the accumulation of microplastics in our environment has widened. Moreover, at this time, it is unknown how these pollutants behave during transport through wastewater treatment facilities. Understanding the fate and transport pathways of microplastics in wastewater treatment processes is of great interest to plant design engineers and environmental scientists alike. New findings could help us to refine and improve existing treatment plant processes to manage or eliminate this new class of pollutants. Here, we report the first complete survey on the presence of microplastic particles in wastewater treatment systems as well as their transport and removal during typical wastewater treatment.

1.2. Material and Methods

1.2.1. Microplastics

Five sizes of fluorescent polyethylene microbeads, red (10-45 μm), blue (53-63 μm), green (90-106 μm), violet (125-150 μm), and yellow (250-300 μm), were purchased from Cospheric Innovations in Microtechnology (Santa Barbara, CA 93160, USA). Additionally, microplastics in a dozen randomly chosen commercial products such as toothpaste, facial washes, body scrubs, and hand soaps were isolated (Fig. S1). In general, ~ 5 g of these products were placed into 800 diameter sieves (mesh size: 45 μm), and washed thoroughly with deionized water (DI) to remove gels and other formulation additives. The micro-solids retained on the sieve were then placed on a 10- μm filter paper (S&S filter paper, USA), and washed exhaustively with DI water, and methanol, using a glass vacuum filtration apparatus. Isolated particles were air dried then examined under a microscope (Model 570, 0.7 to 4.2 American Optical Corporation, Buffalo, NY 14215, USA) to observe the colors, shapes and sizes.

1.2.2. Bench Scale Studies

To evaluate buoyancy and settling properties of microbeads in mixed liquor (a mixture of raw wastewater and activated sludge) and effluent, 10 mg each of the fluorescent microbeads were mixed together then spiked into 1-L of mixed liquor or effluent. After manually shaking for 2 min, the solution was poured into a 1-L

Imhoff cone. The distribution of microbeads was examined, after settling for 10 min.

To simulate the partitioning behaviors of microbeads in raw high-solids influent, ~1.7 g of toilet paper was blended in 300 mL of effluent using a heavy duty blender (Waring® Commercial, Torrington, CT 06790, USA) for 5 min. 5-6 mg blue fluorescent microbeads (53-63µm) was added to the paper slurry and shaken vigorously. The distribution of microbeads in the settled solution was then observed using a UV hand lamp.

To examine other possible removal modes of microbeads in tertiary plants, a 3"-diameter by 2"-tall benchscale column was constructed to simulate gravity filters at tertiary plants which typically consist of ~24" anthracite, ~12" sand, ~54" gravel. Our bench filter was assembled to approximate these ratios using the same media: 5"-anthracite, 2"-sand, 2"-small gravel, 3.5"-large gravel, and 5"-stone from column top to bottom (Fig. S4), respectively. The column was first conditioned with DI water, then flushed with 2 L of unfiltered secondary effluent. The flow was maintained at 4 mL/s. One liter of effluent was then spiked with 1 mg each of standard microbead particles (5 mg total), the effluent-bead slurry was then poured into the column. The microbead-spiked mix was filtered and the post-column filtrate collected. A second liter of effluent was used to rinse the spiked microbead vessel. The entire 1-L rinse was then poured into the bench filter to maintain head volume and column flow. 2.2 L of collected filtrate was then re-filtered through a 10-µm filter paper to isolate any microbeads that broke through the bench filter. The column was then back-flushed with DI water and air sparged for ~15 min. 2 L of backwash water sample was collected.

To study the impact of biofilm on MPPs, two vials containing 20 mL of final effluent were dosed with 5 mL of mixed liquor. One of the vials was autoclaved at 121°C for 34 min. After cooling, both the sterilized and non-sterilized vials were spiked with MPPs (~1.5 mg) extracted from toothpaste. The vials were capped and tumbled on a Dynabeads® rotary mixer at 20 revolutions per minute (RPM) for

>48 h (Dynal Biotech. INC., Lake Success, NY 11042, USA).

1.2.3. Field Sampling

The Sanitation Districts of Los Angeles County, one of the largest wastewater treatment utilities in the United States, operates twelve wastewater treatment facilities (Fig.1). Four of these facilities have solids handling capabilities. Ten wastewater reclamation plants (WRPs) in this system provide tertiary treatment for approximately 681 million liters per day (MLD) of wastewater. Two sites discharge only secondary effluent. The smaller of the two secondary plants processes 0.3 MLD, while the larger, a combined wastewater/solids handling facility, currently treats 1.06 billion liters per day. Tertiary effluents were collected at seven WRPs (1-7). Secondary effluent was collected from the larger secondary plant (WWTP). All sampling events were conducted between June 2014 and January 2015.

1.2.4. Sampling Methods

Two different sieving methods were used for filtering tertiary effluents at the location shown (Fig. 2). The first method employed a stack of 8" diameter stainless steel sieve pans with mesh sizes ranging from 400 to 20 μm (Cole-Parmer, Vernon Hills, IL 60061, USA). Whenever possible, existing plumbing and flows from sampling boxes used for plant compliance samples were utilized. At other locations, plumbed final effluent streams were intercepted using PVC line splices. Calibrated effluent flows were filtered through a stack of sieves assembled from coarse to fine (Fig. S5). Flows were set 11.4 - 22.7 L per minute and were checked daily and adjusted if needed. After calibration, constant flows were maintained for the duration of filtration, in order to accurately determine the volumes of effluent filtered. Volumes were calculated using ($\text{flow rate} \times \text{time}$). Sieve stacks were protected from direct sunlight and fugitive atmospheric debris by wrapping the filtration assemblies in aluminum/plastic shrouds.

The second method used a surface filtering assembly (Figs. S6 and 7) designed for skimming the water surface at the final outfall location. The filtering assembly was deployed at the effluent discharge outfall. Deployment times varied with flows and water quality. Surface skimming was closely monitored by checking flows and filtering performance. If clogging (i.e., any flow restrictions) was

indicated, the assembly was immediately retrieved, taken to the lab to recover the residues then cleaned. Surface-skimmed volumes were estimated using [(skimmer assembly length/weir outfall length) x discharged volumes].

To investigate the transport of microplastics in each stage of tertiary treatment process (Fig. 2), WRP 1 was chosen because of logistical consideration and proximity to technical resources; and samples were taken from primary stage (influent pumps, skimming troughs located right after influent pumps), secondary stage (aeration tanks, return activated sludge (RAS)), and tertiary stage (secondary wastewater, gravity filters). Sampling at treatment stages of secondary WWTP (grit chamber located in the front of skimming troughs, skimming troughs, centrate system for biosolids treatment, biosolids) was also conducted.

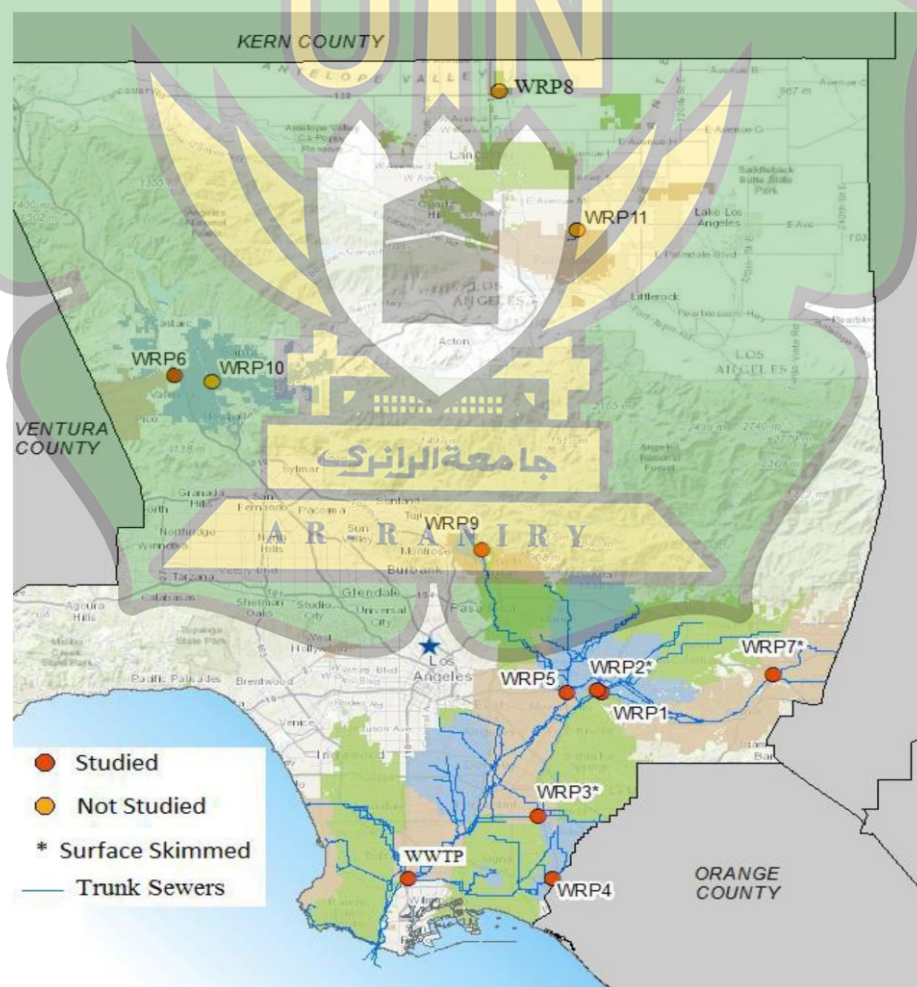


Fig.1 Map showing treatment plants locations

1.2.5. Sample Processing

Residues retained in 800-diameter sieves or trapped in the surface filtering assembly during tertiary effluent sampling were removed from the mesh with DI water using a fine spray. The residues were then transferred into a 15 mL graduated plastic centrifuge tube. After centrifuging the tube at 4000 RPM for 20 min, the volume of the residues was determined. All filtered residues from tertiary effluents were analyzed under microscope.

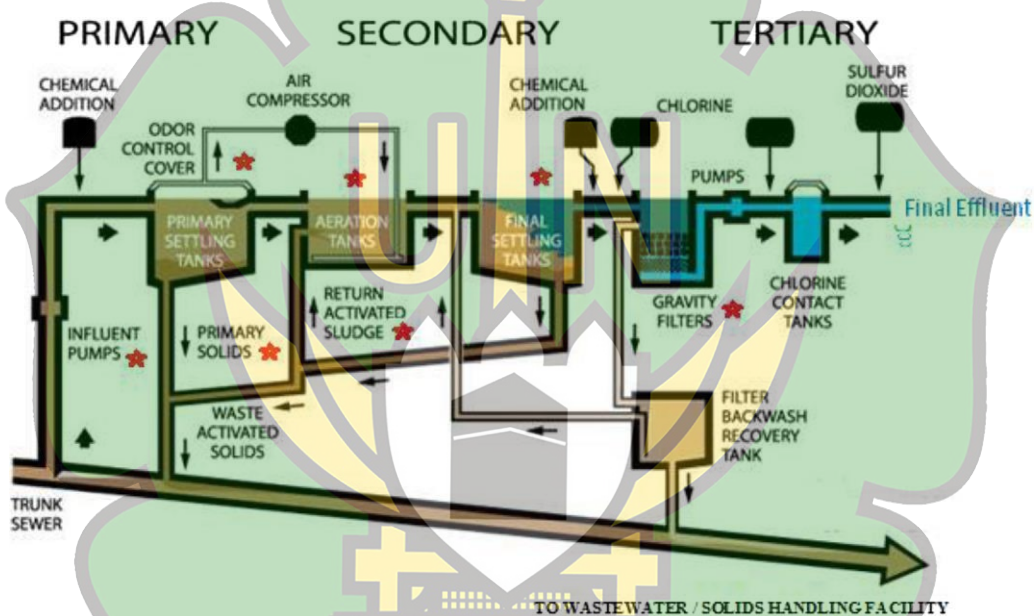


Fig. 2 Typical processes of a tertiary WRP. Primary, Secondary, Tertiary processes are indicated. (sampling locations, flow of wastewater, flow of sludge and solids, sieving/surface-skimming location at the end of the tertiary treatment).

High solid residues (40 – 100 mL) from secondary effluent were first combined in a beaker then DI water was added. The mixture was stirred vigorously using a magnetic stir plate to form a homogeneous slurry (500 mL). Representative 5 mL aliquots were then pipetted directly from the stirred slurry. Each 5 mL aliquot was placed into a gridded petri dish for screening and counting. Over 20% of the overall sample volume was examined. This procedure was repeated for processing residues collected from high- solids unfiltered secondary at WRP 1.

Grab samples from skimmings, scum in aeration tanks, sewage sludge, gravity filter backwash, and biosolids were digested with a diluted solution of

bleach (Clorox, 8.25% sodium hypochlorite). In general, to ~5 g of a grab sample, 2 - 3 mL of 3% sodium hypochlorite was added to disinfect the sample and bleach the matrix. After hypochlorite addition, the disinfected samples were examined immediately under microscope in a fume hood.

1.2.6. Characterization of samples

Residues and other processed samples were visually examined using the microscope (see above) in conjunction with tactile and physical properties. Unlike plastics, starches and fats are friable and disintegrate easily under the mild pressure of a micro spatula. Spherical or irregularly shaped fragments, fibers and other ambiguous microplastics were isolated from the samples. Further examination of the suspected particles was carried out using one of the following microscopes; 1) Nikon Eclipse 80i, 100x 40x 20x 10x objective lens (Nikon Instruments Inc., Melville, NY 11747, USA); 2) Olympus BX50, 100x 10x 4x objective lens (Olympus America INC., Melville, NY 11747, USA). Some isolated MPPs and other ambiguous fragments were then analyzed by FTIR (Model FTIR-4600, JASCO Incorporated, 28600 Mary's Court, Easton, MD 21601, USA). To facilitate particle counting, gridded Petri dishes with sequentially numbered grids were used. This template eliminated duplicate or missed counts and assisted in locating and identifying ambiguous particles under the microscope if second party confirmation was required. Toothpaste particle counts were aided by suspending the MPPs in *t*-butanol, which provided a uniform dispersion of polyethylene fragments in the solution.

1.3. Result and Discussion

1.3.1. Bench-Scale Studies

Dispersion (buoyancy and settling) tests of microbeads in mixed liquor showed that a majority of the particles floated on the surface (Fig. 3(a)). The buoyancies of these fluorescent beads were consistent with the densities (1.0 - 1.143 g/mL) specified by the manufacturer. However, in simulated partitioning tests, the majority of the fluorescent microbeads were trapped with the solid toilet paper floc, while about 40% remained floating on the surface of the

solution. When the floating microbeads were removed and a second vigorous shaking applied to the sample, a fraction of the trapped beads resurfaced.

Our bench studies also showed that microbeads (10 - 300 μm) could be effectively retained by the media used in typical tertiary gravity bed filters. No breakthrough was observed after filtering 2 L of spiked secondary effluent. Greater than 95% of the spiked microbead particles representative of the full spiked range were recovered in the filtered backwash mix.

The MPPs that were observed most frequently during the course of these plant studies were irregularly shaped, blue polyethylene particles, the type found in some widely used whitening toothpaste formulations. Approximately 100 mg of white and blue particles were isolated from 5.4 g of the toothpaste using the methods described earlier. This amount represents about 1.8% of the total weight of the toothpaste. The blue and white particles had different densities and could be separated easily in water. The blue poly-ethylene fragments (Fig. 3(b)) floated to the surface of water; the white higher density component settled to the bottom. The white particles were very stable to heat, but broke apart easily with minimal spatula pressure, properties were consistent with mica, as listed on the product package. The blue particles recovered from the toothpaste exhibited properties of polyethylene plastics (Fig. S8(b,c)). These MPPs were between 90 and 300 μm in width and 100-600 μm in length, the majority being larger than 100 μm (Fig. 4). In a typical toothpaste application (~ 1.6 g), ~ 4000 blue polyethylene fragments were counted.



Fig. 3. (a) Distribution of microbeads in mixed liquor. (b) MPPs in a toothpaste. (c) Bio-residues in 180 mm sieve without MPPs. (d) Blue MPPs in a sample from skimming troughs at a WRP. (e) Blue MPPs and bio-residues in 180 mm sieve at WWTP. (f) Blue MPPs found in final effluent at WWTP. (g) Blue microplastics covered with brownish biofilms. (h) MPPs in a primary skimming sample at WWTP. (i) MPPs in the centrate at WWTP.

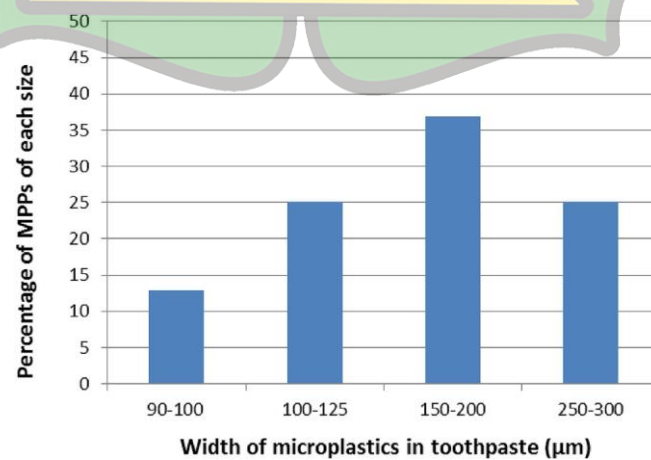


Fig. 4. Average size distribution of microplastics in toothpaste (particle length: 100-600 mm) determined using a point to point micrometer.

The impact of biofilm on MPPs was also examined using isolated blue MPPs. In this experiment, a majority of the MPPs floated to the surface in each vial spiked with mixed liquor. After >48 h of mixing, the blue particles in the autoclaved vial were still distributed primarily on the surface. The particles in the non-sterile vial appeared to be more randomly distributed throughout the aqueous phase, due to density or other physical changes caused by the biofilm coating.

1.3.2. Tertiary WRPs

Often, relatively small volumes of grab or composite samples are employed in plant studies. For this evaluation, however, we attempted to use larger volumes that were statistically more representative of total plant flows. Processing large effluent volumes, in this case, was manageable because filtrations were performed *on site* using convenient large volume sampling methods (Hidalgo-Ruz et al., 2012). In most sampling events, a three-sieve stack with mesh sizes of 400, 180 and 45 μm was used. In two events where the water quality was suitable and short-term clogging unlikely (WRP 1), a fourth finer mesh sieve (20 μm) was added to catch even smaller residues in the effluent. However, the 20 μm sieve was prone to clogging at most of the WRPs.

In Table 1, sampling dates, total volumes of effluent sieved and amounts of residues collected for seven tertiary WRPs are summarized. After filtering over 1.89×10^5 L of effluent at each of these tertiary plants, we found no particle or fibrous microplastics in any of the below-water-surface discharges. The majority of the sieve collected residues were composed of microbially derived detritus. These were identified using a microscope, and were abundant in the sieves at all plant facilities. The amount of residues collected in the 400 μm sieve was lowest, except for WRP 3. The volume of microbial residues collected in the 45 μm sieve, as expected, was the highest. The volume of residues collected varied between plants. Filtered biological remains (Fig.3(c)) mirrored the spectrum of microorganisms present in the biologically active stages (aeration and anoxic zones of the plants). The images of some micro-

organisms (Fig. S3(a,b)) and the FT-IR spectrum (Fig. S8(d)) of a bio-residue sample are shown in Appendix A. Rotifers were the most abundant type of microorganism in the bio-residues, in most cases, up to 60% of the total residue by volume. Residues retained in the smallest mesh sieve (20 μm) contained essentially the same microorganism distribution and profiles as those seen on the 45 μm sieve.

Because the effluent pumps at all plants had intakes below the discharge surface, complementary surface filtration was conducted at three sites to intercept any floating microplastics or surface debris that could have been missed in the initial filtration design. Table 2 shows sampling days, time, volumes of effluent skimmed, and the number of MPPs identified at each plant. For WRP 2, >90% of the residues collected in the surface filtering assembly were grass, weeds and other vegetation. The large quantity of floating vegetative residues at WRP 2 was likely contributed by ground keeping activities near the effluent outfall. At WRP 7, effluent was sieve-filtered and surface-skimmed simultaneously. The mesh size of the bottom sieve was also chosen to match that of the surface skimmer (125 μm). Only five microplastic particles were found in the skimmer, none were found in the sieved effluent of WRP 7. A total of 31 MPPs including 3 thread-like fragments were found in 28.4 million liters of surface-filtered effluent at the three plants studied (Fig. S2(a)). Fibrous plastics (Fig. S3(c)) that could be distinguished microscopically from the filtered bio-residues (Fig. S3 (b)) were not observed in any of the final discharges studied.

Table 1
Results of stacked sieve filtration at tertiary WRPs

Site	Sampling date(s)	Σ Volumes filtered (L) ^a	Residues in 45 μm sieve (mL) ^b	Residues in 180 μm sieve (mL)	Residues in 400 μm sieve (mL)
WRP 1	6/17-28 7/28-8/1	$1,93 \times 10^5$	12,9	1,9	1,0
WRP 2	6/27-7/2 8/4-8	$1,89 \times 10^5$	7,1	0,2	ND
WRP 3	7/22-26 7/30-8/1	$1,96 \times 10^5$	2,1	ND	0,2
WRP 4	8/4-11	$2,32 \times 10^5$	5,0	0,2	ND
WRP 5	7/8-10 8/14-19	$1,96 \times 10^5$	18,6	7,5	0,5
WRP 6	9/15-22	$2,29 \times 10^5$	2,0	1,6	1,0
WRP 7	12/30-1/6	$1,96 \times 10^5$	1,0	ND	ND

^a A total of volumes. ^b A 125 mm sieve was used for WRP 7. ^c None was found

A variety of locations within WRP 1 (Fig. 2) were sampled in an effort to map MPPs' presence, conveyance and, most importantly, removal in the system. At the gravity filters, 45.2 L of the backwash were collected during the filter cleaning cycle. Although our model bench filter showed that a simulated gravity bed filtration would effectively retain microbeads in the 10-300 μm size range, no MPPs were detected in any of these backwashed samples which contained very high concentrations of anthracite fragments, filter media fines and biological solids. These results revealed that tertiary effluents were essentially free of MPPs. The detection of only three dozen MPPs during surface sieving could have been caused by occasional MPPs' breakthroughs, or resulted from fugitive airborne contamination in the open channels leading to the outfalls at tertiary plants (Figs. S6 and 7) (Rillig, 2012; Rocha-Santos and Duarte, 2015).

Sieve filtration was also applied to unfiltered secondary wastewater at the same plant. 5.68x10³ L of secondary wastewater was filtered using stacked sieves. A total volume of 600 mL of solid residue was collected on the two sieves. Only one MPP was observed in those residues, no identifiable fibers were found (Table 3). Return activated sludges from the final settling tanks were also sampled. On average, one particle in 20 mL of RAS was observed in these samples; no synthetic fibers were identified after sample processing. This suggests that the majority of microplastic fragments and other fibrous residues were being removed during the early skimming and settling stages of primary treatment.

Grab samples were collected at several locations in the primary raw sewage treatment train. Skimming troughs were sampled during both the day and night shifts (8 h per shift) to evaluate whether plant influent plastic particle loads were variable. Equivalent counts of MPPs (~5 MPPs per gram of surface-skimmed sludge) were found during both shifts (Fig. 3(d)). Surface scum in the aeration tanks was also investigated. Many sampling and counting difficulties were encountered at these sites, which stemmed from the non-uniform distribution of solids in the tanks, and the complicated and unpleasant nature of

the matrix. Particle counts at these locations were, therefore, only rough estimates.

Sample digestion using strong mineral acids was initially employed to reduce organic solids in the matrix. Acidic mixtures of varying ratios and concentrations were utilized. These reductions were performed using either a heating block or microwave digestion at 110-120°C. Although this approach eliminated the majority of the matrix issues, performing digestions at elevated temperatures was problematic, because polyethylene and polypropylene plastics have melting points slightly above this range. Some MPPs in samples were even observed to melt at 90°C, then form consolidated brittle lumps after the digested residues cooled to room temperature. By substituting hypochlorite for acid digestions, we were able to disinfect septic samples and reduce matrix issues simultaneously. The milder hypochlorite conditions eliminated melting concerns and removed other unwanted physical transformations, which facilitated visual identification and particulate source tracking.

Table 2
Result summary of surface-skimmed tertiary effluent.

Site	Duration days	Deployment time (hours)	Fraction discharge skimmed	Volume skimmed ($\times 10^6$ L)	Residues in 125 mm sieve (mL)	MPP counts
WRP 1	8	13.24	20%	9.46	52	23
WRP 2	2	28.00	10%	9.42	1.0	3
WRP 3	3	6.46	100%	9.57	1.2	5

^a Skimming performed from 12/9/2014 to 1/6/2015.

Table 3
MPPs distribution at WRP 1.

Location	MPP counts
Primary tank skimming's	Highest count (~5/g) ^a
Scum in aeration tanks	Low to medium counts ^a
Return activated sludge	One/20 mL ^b
Secondary effluent	One/5.68 10^4 L
Gravity filter backwash	None found/45.4 L ^b
Final effluent	None found/1.93 $\times 10^5$ L

^a Could not be correlated to influent volume. ^b Average of 4 replicates

The high counts of microplastics discovered at the skimming troughs confirmed the presence of microplastics in the WRPs influent. To estimate the number of MPPs in raw influent, we attempted to sieve the influent flows using an assembled sieve cascade (mesh size: 9.5 mm-180 μ m). Unfortunately, these

filtration attempts failed because the sieves were rapidly clogged by paper and other solid residues in the raw influent. Attempts to isolate particles by utilizing acidic digestion also failed because of excessive solid loads. We then tried to isolate any MPPs by exploiting their inherent buoyancies. This was performed by sparging 5 L of influent for 4 h in a large beaker (Claessens et al., 2013). At the conclusion of aeration, the surface of the sample was closely inspected using a magnifying glass. No MPPs were observed. At tertiary plants, a large portion of microplastics entering the plants tended to mix with sludge and settle. These settled primary solids (Fig. 2) are then conveyed to the wastewater/ solids handling facility for processing.

1.3.3. Wastewater Solids Handling Facility (a Secondary Plant)

Settled solids and surface skimmings' containing the majority of microplastics removed from tertiary upstream facilities (WRP 1-5, 7, 9; see Trunk sewers in Fig. 1) are sent downstream to a wastewater/solids handling facility. This WWTP has the capacity to process an estimated 1.51×10^9 L per day and is by far the largest and most complex of the wastewater handling facilities; as such, it presented unique challenges for this study. 4.23×10^5 L of discharged final effluent at this facility was filtered using three stacked sieves (400 μm , 180 μm , and 100-150 μm). A total of 41 mL of solid residues was collected in the sieves. Under the microscope randomly shaped blue MPPs were observed to be mixed with other solid residues (Fig. 3(e)). After the solids were diluted to 500 mL with DI water in a large beaker; some irregularly shaped blue MPPs were immediately visible, even without magnification, on the surface. In the diluted solution, the majority of these MPPs seemed to settle or associate with the microbial detritus. Prolonged stirring of the solution appeared to dissociate or dislodge some of the plastic residues from the solids, and change their distribution in solution.

Some of the white/transparent spherical particles found in the filtered residues were determined to be soft and hydrated using a micro spatula and were non-plastic. These micro-solids were found in some formulations extracted from cosmetic products. Other white or transparent fragments were confirmed to be plastic (Fig. S2(b)); in the microscopically examined fractions none of the residues appeared to be fibrous. A total of 373 particles of various color, shapes and sizes

were identified in 4.23×10^5 L of effluent at this facility, more than 90% of these MPPs were irregularly shaped blue polyethylene fragments. Under the microscope, the blue microplastics (Fig. 3(f) and S8(e)) appeared to be identical to particles isolated from toothpaste. It was also discovered that the microplastic residues were, without exception, covered with a brown layer of biofilm. On many particles, biofilm coatings were observed to completely encapsulate the microplastics (Fig. 3(g)). Because 373 particles were detected in 4.23×10^5 L of secondary effluent, we estimated that, on average, one micro-particle was being discharged with every 1.14×10^3 L of effluent at this solids handling WWTP. This equated to an overall total daily discharge count of $\sim 0.93 \times 10^6$ MPPs.

At the same facility, grab samples from the primary and secondary skimming chambers were examined. Two dozen MPPs were found in ~ 5 g of sample from a primary skimmer. Most MPPs were blue polyethylene fragments (Fig. 3(h)). Surprisingly, almost no MPPs were found in the secondary skimming samples. This supports a conclusion that the early stage skimming of floating solids in the primary is a very efficient removal mode for MPPs. Other areas where high microplastic counts were evident were in the centrate concentrate zones (Fig. 3(i), S2(c)). A summary of transport and removal of microplastics at this treatment facility along with estimated influent MPP loads are shown in Table 4.

In biosolids, an average of 5 particles in 5 g of the sample was found; here also, most of the particles identified were similar to the MPPs found in the plants. Methods (Hidalgo-Ruz et al., 2012) for isolating microplastics in sediments were applied in an attempt to separate fibers in settled sludge/solids or biosolids. Unfortunately, isolation of plastic fibers was challenging in composted matrix. Based on a daily production of 1.09×10^6 kg per day of biosolids, we estimated that $\sim 1.09 \times 10^9$ MPPs were being removed from that facility daily with the biosolids, along with $\sim 7.78 \times 10^6$ particles in grit from the grit chambers and $\sim 0.93 \times 10^6$ particles in the final effluent discharged. Comparing the projected total daily influent counts (1.10×10^9 microplastic) to the estimated daily discharged counts, we calculate the plant removal

efficiencies to be in the range of 99.9%. Based on combined daily flows, we also estimated an average count of one MPP per liter of influent. This one-particle- per-liter count in raw influent was confirmed in a parallel study performed at WRP 6, another plant with on-site solids handling.

This finding is consistent with low percentages of plastic fibers found in sediments of a lagoon and rivers receiving the effluent input from WWTPs (Vianello et al., 2013, Kein et al., 2015). When present, plastic fibers in raw influents are intimately mixed with the mass of cellulosic fibers (Remy et al., 2015) from toilet paper and food solids, and are then removed with the settled flocs. Treatment plants are expressly designed to handle these flocs at the primary and secondary treatment stages.

Table 4
Survey results at WWTP including daily estimates of influent loads.

Location	Sample	MPP Counts	Estimated total daily MPP counts
Grit	2,1 g	1 ^a	~7,78 x10 ⁶
1 ^o Skimming	5 g	20 ^a	
2 ^o Skimming	5 g	None found ^a	
CTS ^b influent	100 mL	51	
Thickened centrate	100 mL	267	
Biosolids	5 g	5 ^a	~1,09 x10 ⁹
Final effluent	4,23 × 10 ⁵ L	373	~0,93 x10 ⁶
ΣGrit+Biosolids+Final effluent			1,10 x10 ⁹ per day
Grit+Biosolids			1,10 x10 ⁶ per day (99,9% removal by the plant)
Influent			One particle per liter

a Average number of 2 or 3 replicates.

b Centrate thickening system.

In raw high-solids influent, lower density MPPs should float, or settle when trapped in solid flocs, in either case these particles should still be amenable to easy removal via skimming or settling in the plants. Other factors, however, may affect MPPs removal efficiencies. Microparticles could become trapped in unstable flocs which may not settle in an efficient manner. This would lead to a dynamic redistribution of particles in the aqueous phase and allow some to escape removal during the skimming and settling stages. The ubiquitous presence of biofilms witnessed on discharged solids in the secondary effluent may have affected the physical properties of these plastic particles. This was observed in the biofilm bench study. These bio-coatings may act as wetting agents and may modify the surface properties of hydrophobic polyethylene

fragments, or the biofilm could alter the particles' relative densities compared to that of “clean” or uncoated plastics. Any such changes could measurably impact removal efficiencies of MPPs at municipal treatment plants. Neutrally buoyant particles are more likely to escape both skimming and settling processes, two of the more critical solids removal modes. It thus appears likely that biological surface deposits may be responsible for at least a portion of microplastics observed in secondary discharges studied. We can associate longer contact times (CT) in the treatment train with an increased potential for surface fouling. Increased CT of solids in the system may contribute to the higher MPP counts seen in the effluent at the WWTP where CT for at least a portion of the MPP counts greatly exceeded those at tertiary upstream sites. The impact of CT and a plant's nutrient levels on surface fouling may be an area worthy of further research.

Existing treatment process designs appear to be surprisingly effective at removing this new class of pollutants. Analysis of samples taken from multiple locations within treatment plants showed that the majority of these contaminants were removed at the primary treatment stages via skimming and settling processes. Tertiary WRP processes appear to be effective at removing microplastic contaminants in their influents, even the secondary downstream wastewater/solids handling facility showed removal efficiency above 99.9%. Our findings also reveal that some consumer products may be contributing disproportionately more than others to WWTP microplastic loads. The MPPs observed in the study were largely derived from consumer personal care and cosmetic products (Fig. S8(f)), which had distinctly different appearance and profiles to the plastic types commonly observed in the environment. The most common fragments appear to be derived from some toothpaste formulations. These elevated counts may simply be related to the product's popularity, use frequency, and application amounts.

1.4 Conclusion

Surprisingly, the importance of effluent filters in the removal of MPPs appears to be minimal. Microplastic particles were found to be removed mainly in

the primary treatment zones via solids skimming and sludge settling processes. The results of this study further suggest that effluent discharges from both secondary and tertiary wastewater treatment facilities may be contributing only minimally to the microplastic loads in oceans and surface water environments. Plastics entering wastewater treatment facilities, for the most part, differ from those that are commonly disposed of in storm drains, beaches, oceans, and freshwater locations such as lakes and rivers. The primary sources of microplastics in these environments were reported to be derived mainly from discarded consumer packaging (containers, bags, bottles) and industrial garbage. In the open environment such plastics undergo photo-degradation induced by UV irradiation as well as mechanical erosion which lead to embrittlement and fracturing. Such processes, which are responsible for the progressive breakdown of disposed plastics, are mostly absent during wastewater treatment. Recently the cosmetic and beauty products industries have increased their awareness of the environmental harm caused by these pollutants. The cosmetic product formulators have already begun to gradually phase-out and replace these additives with more environmentally benign alternatives. Moreover, some states (e.g., California, New York, New Jersey, and Illinois) have proposed a ban on the use and sale of cosmetics containing microplastics.



REFERENCES

- 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 (21), 9175-9179.
- 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 (14), 8127-8134.
- Claessens, M., Cauwenberghe, L.V., Vandegehuchte, M.B., Janssen, C.R., 2013. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Mar. Pollut. Bull.* 70 (1e2), 227-233.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., Galloway, T.S., 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environ. Sci. Technol.* 47 (12), 6646e6655.
- 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 (1e2), 177e182.
- Free, C.M., Jensen, O.P., Mason, S.A., Erikson, M., Williamson, N.J., Boldgiv, B., 2014. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Mar. Pollut. Bull.* 85 (1), 156-163.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M., 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ. Sci. Technol.* 46 (6), 3060-3075.
- Ivar do Sul, J.A., Costa, M.F., 2014. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environ. Poll.* 185, 352-364.

- Kein, S., Worch, E., Knepper, T.P., 2015. Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-Main area in Germany. *Environ. Sci. Technol.* 49 (10), 6070-6076.
- Liu, J., Carr, S.A., 2013. Removal of estrogenic compounds from aqueous solution using zeolites. *Water Environ. Res.* 85 (11), 2157-2163.
- McCormick, A., Hoellein, T.J., Mason, S.A., Schluep, J., Kelly, J.J., 2014. Microplastic is an abundant and distinct microbial habitat in an urban river. *Environ. Sci. Technol.* 48 (20), 11863-11871.
- Nelson, E.D., Do, H., Lewis, R.S., Carr, S.A., 2011. Diurnal variability of pharmaceutical, personal care product, estrogen and alkylphenol concentrations in effluent from a tertiary wastewater treatment facility. *Environ. Sci. Technol.* 45 (4), 1228-1234.
- Remy, F., Collard, F., Gilbert, B., Compere, P., Eppe, G., Lepoint, G., 2015. When microplastic is not plastic: the ingestion of artificial cellulose fibers by macrofauna living in seagrass macrophytodebris. *Environ. Sci. Technol.* 49 (18), 11158-11166.
- Rillig, M.C., 2012. Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? *Environ. Sci. Technol.* 46 (12), 6453-6454.
- Rocha-Santos, T., Duarte, A.C., 2015. A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. *Trends Anal. Chem.* 65, 47-53.
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., McGonigle, D., Russell, A.E., 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304 (5672), 838.
- Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., Da Ros, L., 2013. Microplastic particles in sediments of lagoon of Venice, Italy: first observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 130, 54-61.
- von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., Kohler, A., 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus Edulis* L. after an experimental exposure. *Environ. Sci. Technol.* 46 (20), 11327-11335.

Yonkos, L.T., Friedel, E.A., Perez-Reyes, A.C., Ghosal, S., 2014. Microplastics in four estuarine rivers in the Chesapeake Bay, U.S.A. Environ. Sci. Technol. 48 (24), 14195-14202.



BAB II

TERJEMAHAN ARTIKEL

Pengangkutan Dan Keadaan Partikel Mikroplastik Pada Sistem Pengolahan Air Limbah

Steve A. Carr, Jin Liu*, Arnold G. Tesoro

*San Jose Creek Water Quality Control Laboratory, Sanitation Districts of Los Angeles
County, 1965 South Workman Mill Road, Whittier, CA 90601, USA*

Abstrak

Instalasi pengolahan air limbah perkotaan (IPAL) yang sering diduga sebagai titik signifikan atau saluran dari mikroplastik ke lingkungan. Untuk menyelidiki kecurigaan ini secara langsung, limbah buangan dari tujuh instalasi tersier dan satu instalasi sekunder di California Selatan dipelajari. Studi ini juga melihat beban influen, ukuran/jenis partikel, pengangkutan, dan pembuangan di fasilitas pengolahan air limbah tersebut. Lebih dari 0,189 juta liter limbah dari masing-masing tujuh instalasi tersier disaring menggunakan tumpukan saringan yang telah dirakit dengan ukuran saringan antara 400 dan 45 μm . Selain itu, permukaan 28,4 juta liter limbah akhir di tiga instalasi tersier dihilangkan menggunakan susunan filter 125 μm . Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah tersier bukanlah sumber mikroplastik yang signifikan dan polutan plastik ini secara efektif dihilangkan selama proses pengolahan skimming dan pengendapan. Namun, pada instalasi sekunder di hilir, rata-rata terhitung satu mikro-partikel dalam setiap 1,14 ribu liter limbah akhir. Mayoritas mikroplastik yang diidentifikasi dalam penelitian ini memiliki profil (warna, bentuk, dan ukuran) yang mirip dengan partikel polietilen biru yang terdapat dalam formulasi pasta gigi. Proses pengolahan yang ada sangat efektif untuk menghilangkan kontaminan mikroplastik yang memasuki IPAL umum perkotaan.

2.1 Pendahuluan

Partikel mikroplastik, berukuran lebih kecil dari 5 mm, terbuat dari polyetilen, polypropilen dan polimer lainnya. Karena produksi dan kegunaan plastik yang terus meningkat, keberadaan mikroplastik pada lingkungan juga meningkat dan pengotor ini sudah biasa ditemukan di sungai (McCormick et al., 2014, Yonkos et al., 2014), danau (Eriksen et al., 2013, Free et al., 2014) dan garis pantai (Thompson et al., 2004, Browne et al., 2011). Mikroplastik telah menunjukkan dampak negatif pada organisme akuatis di lingkungan kita. Von Moos et. Al (2012) melaporkan bahwa mikroplastik yang diambil dari sel kerang biru, dimana paparan dari mikroplastik menyebabkan dampak buruk bagi jaringan kerang. Cole et al. (2013) menemukan mikroplastik dimakan oleh zooplankton, yang biasanya melayang di air asin dan air bersih. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), kelompok dari penghambat api secara luas diaplikasikan pada elektronik, menunjukkan asimilasi dari mikroplastik oleh amphipoda laut, *Allorchestes compressa* (Chua et al., 2014). Karena sifatnya yang hydrophobic, mikroplastik cenderung menyerap PBDEs, endocrine-disrupting compounds (EDCs), pharmaceuticals and personal care products (PPCPs), Bersama dengan pengotor organik di media air. Konsentrasi PBDEs, EDCs dan PPCPs, yang terdeteksi pada tingkat part per trillion (ppt) dalam banyak sampel limbah. (Nelson et al., 2011; Liu and Carr, 2013), dapat diadsorpsi dan diperbanyak diatas permukaan dari partikel mikroplastik (MPPs). Pengotor berbahaya dapat masuk ke dalam ekosistem rantai makanan jika residu plastic yang terkontaminasi tertelan oleh ikan, invertebrata air dan margasatwa lainnya.

Mikroplastik partikel (MPPs) diperkenalkan pada banyak perawatan diri dan produk kosmetik seperti, losion, sabun, facial dan body scrub dan pasta gigi. Kebanyakan dari produk ini digunakan sehari-hari di US dan diseluruh dunia. Saat digunakan, mikroplastik di kosmetik dibilas langsung ke saluran pembuangan rumah tangga, MPPs dan serpihan plastic lainnya berakhir pada instalasi pengolahan air limbah kota (WWTPs). Dalam beberapa laporan (McCormick et al., 2014, Browne et al., 2011), WWTPs disebutkan sebagai sumber potensial dari mikroplastik di sistem perairan.

Namun, beberapa peneliti lainnya tidak dapat mengkonfirmasi hubungan langsung antara pengotor mikroplastik di sungai dengan WWTPs (Kein et al., 2015). Perdebatan tentang apakah limbah yang dibuang berkontribusi secara signifikan terhadap akumulasi mikroplastik dalam lingkungan kita. Selain itu, sampai saat ini belum diketahui bagaimana perilaku pengotor tersebut selama pengangkutan melalui fasilitas pengolahan air limbah. Memahami efek dan jalur transport mikroplastik dalam proses pengolahan air limbah adalah suatu ketertarikan bagi insinyur desain instalasi dan ilmuwan lingkungan. Temuan baru dapat membantu kita untuk menjelaskan dan meningkatkan proses instalasi pengolahan yang telah ada untuk mengatur atau menghilangkan pengotor kelas baru ini. Kami melaporkan survey lengkap pertama tentang keberadaan partikel mikroplastik pada system pengolahan air limbah serta pada pengangkutan dan pembuangan selama pengolahan air limbah.

2.2 Bahan dan Metode

2.2.1. Mikroplastik

Lima ukuran *microbeads* polietilen yang difloresensi, merah (10-45 μm), biru (53-63 μm), hijau (90-106 μm), ungu (125-150 μm), dan kuning (250-300 μm), dibeli dari Cospheric Innovations in Microtechnology (Santa Barbara, CA 93160, Amerika Serikat). Selain itu, mikroplastik dalam selusin dipilih secara acak produk komersial seperti pasta gigi, pencuci muka, scrub untuk tubuh, dan sabun tangan diisolasi (Gambar. S1). Secara umum, ~5 g produk ini ditempatkan ke dalam saringan berdiameter 800 (ukuran mesh: 45 mm), dan dicuci bersih dengan air deionisasi (DI) untuk menghilangkan gel dan bahan tambahan formulasi lainnya. Padatan mikro yang tertahan pada saringan kemudian ditempatkan pada kertas saring 10-mm (kertas saring S&S, USA), dan dicuci sampai bersih dengan air DI, dan metanol, menggunakan peralatan filtrasi vakum kaca. Partikel yang diisolasi dikeringkan di udara kemudian diperiksa di bawah mikroskop (Model 570, 0.7 hingga 4.2 American Optical Corporation, Buffalo, NY 14215, USA) untuk mengamati warna, bentuk dan ukurannya.

2.2.2. Studi *Bench Scale*

Untuk mengevaluasi daya apung dan sifat pengendapan *mikrobead* dalam cairan campuran (campuran air limbah mentah dan lumpur aktif) dan limbah, masing-masing 10 mg butiran mikro yang diflouresensi dicampur kemudian dilarutkan ke dalam 1 L campuran limbah cair. Setelah dikocok secara manual selama 2 menit, larutan dituangkan ke dalam *Imhoff cone*. Distribusi *microbeads* diperiksa, setelah didiamkan selama 10 menit.

Untuk menganalisis perilaku partisi partikel *mikrobeads* dalam limbah mentah, ~1,7 g kertas toilet dicampur dalam 300mL limbah menggunakan blender tugas berat (Waring® Commercial, Torrington, CT 06790, USA) selama 5 menit 5-6 mg partikel mikro flouresen biru (53-63 µm) ditambahkan ke bubur kertas dan dikocok kuat-kuat. Distribusi butiran mikro dalam larutan yang telah diendapkan kemudian diamati menggunakan hand lamp UV.

Untuk memeriksa kemungkinan cara penghilangan lainnya pada partikel mikro di instalasi tersier, kolom *bench scale* berdiameter 3" x 2' tinggi dibangun untuk mensimulasikan filter gravitasi di instalasi tersier yang biasanya terdiri dari ~ 24" batubara, ~ 12" pasir, ~ 54" kerikil. Filter *bench* yang dipasang untuk mendekati rasio ini menggunakan media yang sama: 500-batubara, 200-pasir, 200-kerikil kecil, 3.500-kerikil besar, dan 500-batu dari kolom atas ke bawah (Gambar. S4), berurutan. Kolom pertama dikondisikan dengan air DI, kemudian diisi dengan 2 L limbah sekunder tanpa filter. Aliran dipertahankan pada 4 mL / s. Satu liter limbah cair kemudian ditambahi masing-masing 1 mg partikel mikrobead standar (total 5 mg), ampas limbah cair kemudian dituang ke dalam kolom. Campuran mikrobead-spiked disaring dan dikumpulkan di kolam pasca filtrasi. Satu liter limbah kedua digunakan untuk membilas wadah mikrobead berduri. Seluruh bilasan 1-L kemudian dituangkan ke dalam bench filter untuk menjaga volume utama dan aliran kolom. 2,2 L filtrat yang terkumpul kemudian disaring kembali melalui kertas saring 10-µm untuk mengisolasi *mikrobead* yang menembus bench filter. Kolom tersebut kemudian dibilas dengan air DI dan udara yang disemprotkan selama ~ 15 menit 2 L pencucian filter sampel air dikumpulkan.

Untuk mempelajari dampak biofilm pada MPP, dua vial mengandung 20 mL limbah akhir diberi dosis 5 mL cairan campuran. Salah satu vial diautoklaf pada 121°C selama 34 menit. Setelah pendinginan, botol steril dan non-steril dibubuhi MPP (~1,5 mg) yang diekstraksi dari pasta gigi. Botol ditutup dan jatuh di atas mixer rotary Dynabeads® pada 20 putaran per menit (RPM) selama >48 jam (Dynal Biotech. INC., Lake Success, NY 11042, AS).

2.2.3. Pengambilan Sampel Lapangan

Distrik Sanitasi di kota Los Angeles, salah satu yang memiliki keperluan terbesar pengolahan air limbah di Amerika Serikat, mengoperasikan dua belas fasilitas pengolahan air limbah (Gambar. 1). Empat dari fasilitas ini memiliki kemampuan penanganan padatan. Sepuluh instalasi reklamasi air limbah (WRPs) dalam sistem ini memberikan pengolahan tersier untuk sekitar 681 juta liter per hari (MLD) air limbah. Dua lokasi hanya membuang limbah sekunder. Dua yang lebih kecil dari instalasi sekunder memproses 0,3 MLD, sedangkan yang lebih besar, fasilitas penanganan air limbah / padatan gabungan, saat ini mengolah 1,06 miliar liter per hari. Limbah tersier dikumpulkan pada tujuh WRP (1-7). Limbah sekunder dikumpulkan dari instalasi sekunder yang lebih besar (IPAL). Semua pengambilan sampel dilakukan antara Juni 2014 dan Januari 2015.

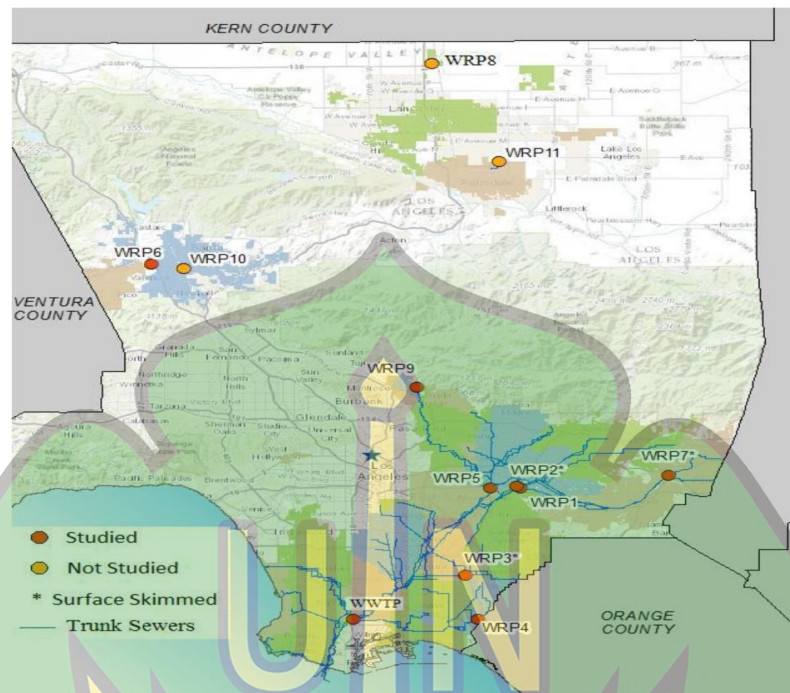
2.2.4. Metode Pengambilan Sampel

Dua metode penyaringan yang berbeda digunakan untuk menyaring limbah tersier di lokasi yang ditunjukkan (Gambar 2). Metode pertama menggunakan tumpukan saringan stainless steel berdiameter 800” dengan ukuran mesh mulai dari 400 hingga 20 µm (Cole-Parmer, Vernon Hills, IL 60061, USA). Jika memungkinkan, keberadaan perpipaan dan aliran dari kotak' pengambilan sampel digunakan untuk memenuhi sampel yang digunakan. Di lokasi lain, aliran limbah akhir dihambat menggunakan sambungan garis PVC. Aliran limbah yang dikalibrasi disaring melalui tumpukan saringan yang disusun dari kasar ke halus (Gambar. S5). Arus diatur 11,4-22,7 L per menit dan diperiksa setiap hari dan disesuaikan jika diperlukan. Setelah kalibrasi, aliran konstan dipertahankan selama

durasi penyaringan, untuk menentukan secara akurat volume limbah yang disaring. Volume dihitung menggunakan (waktu x laju aliran). Tumpukan saringan dilindungi dari sinar matahari langsung dan sampah atmosfer yang mudah menghilang dengan membungkus rakitan filtrasi dalam selubung aluminium / plastik.

Metode kedua menggunakan perakitan filter permukaan (Gambar S6 dan 7) yang dirancang untuk menyisir permukaan air di lokasi pembuangan akhir. Susunan penyaringan diletakkan pada limbah yang telah dikeluarkan. Waktu penyebaran bervariasi dengan aliran dan kualitas air. Skimming permukaan dipantau secara ketat dengan memeriksa aliran dan kinerja penyaringan. Jika ada indikasi penyumbatan (yaitu, pembatasan aliran), susunan segera diambil, dibawa ke lab untuk mendapatkan kembali residu, lalu dibersihkan. Volume permukaan-skim diperkirakan menggunakan $[(\text{panjang perakitan skimmer} / \text{panjang saluran pembuangan akhir}) \times \text{volume yang dikeluarkan}]$.

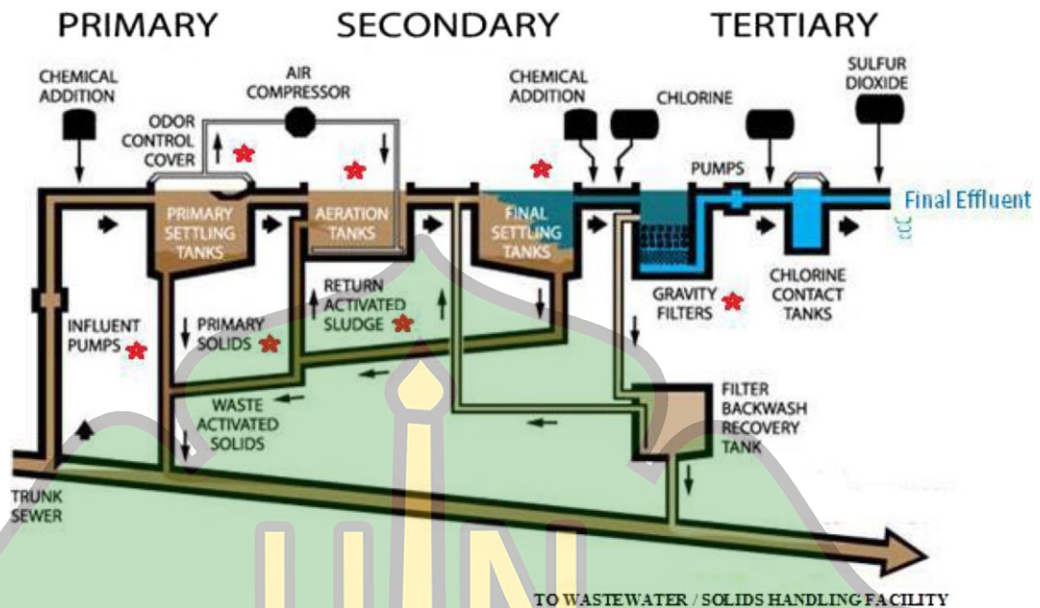
Untuk menyelidiki pengangkutan mikroplastik di setiap tahap proses pengolahan tersier (Gambar. 2), WRP 1 dipilih karena pertimbangan logistik dan kedekatannya dengan sumber daya teknis; dan sampel diambil dari tahap primer (pompa influen, palung skimming yang terletak tepat setelah pompa influen), tahap sekunder (tangki aerasi, lumpur aktif kembali (RAS)), dan tahap tersier (air limbah sekunder, filter gravitasi). Pengambilan sampel pada tahap pengolahan IPAL sekunder (grit chamber terletak di depan bak skimming, bak skimming, sistem sentrat untuk pengolahan biosolids, biosolids) juga dilakukan.



Gambar 1. Peta yang menunjukkan lokasi instalasi pengolahan.

2.2.5. Proses Sampel

Residu yang tertahan dalam saringan berdiameter 8" atau terperangkap pada permukaan filter selama pengambilan sampel limbah tersier, dikeluarkan dari jaring dengan air DI menggunakan semprotan halus. Residu kemudian dipindahkan ke dalam tabung sentrifugasi plastik ukuran 15 mL. residu disentrifugasi pada 4000 RPM selama 20 menit kemudian volume residu ditentukan. Semua residu yang disaring dari limbah tersier dianalisis menggunakan mikroskop.



Gambar 2. Proses khusus dari WRP tersier. Proses Primer, Sekunder, Tersier ditunjukkan. (lokasi pengambilan sampel, aliran air limbah, aliran lumpur dan padatan, lokasi penyaringan / skimming pada akhir pengolahan tersier).

Residu padat (40-100 mL) dari limbah sekunder dimasukkan ke dalam gelas kimia kemudian ditambahkan air DI. Campuran diaduk kuat-kuat menggunakan *magnetic stirrer* hingga membentuk bubur homogen (500 mL). Setiap 5 mL aliquot dipipet dari bubur homogen kemudian diletakkan ke dalam cawan petri untuk penyaringan dan perhitungan. Lebih dari 20% dari keseluruhan total sampel diperiksa. Proses ini diulangi untuk memproses residu yang dikumpulkan dari padatan tanpa filter sekunder di WRP 1.

Di ambil sampel skimming, buih pada tanki aerasi, lumpur limbah, pencucian filter gravitasi dan biosolid dilarutkan menggunakan larutan pemutih encer (Clorox, 8.25% sodium hypochlorite). Pada umumnya, 5 gram sampel ditambahkan 2-3 mL sodium hypochlorite 3% untuk membersihkan sampel dan memutihkan matriks. Setelah penambahan hypochlorite, sampel yang telah dibersihkan segera diperiksa menggunakan mikroskop pada lemari asam.

2.2.6. Karakterisasi Sampel

Residu dan sampel lainnya yang telah diproses diperiksa secara visual menggunakan mikroskop yang berhubungan dengan sentuhan dan sifat fisik. Tidak seperti plastik, pati dan lemak rapuh dan mudah hancur dibawah tekanan ringan dari spatula mikro. Fragment berbentuk bola atau tidak beraturan, fiber dan mikroplastik ambigu diisolasi dari sampel. Pemeriksaan partikel lebih lanjut menggunakan salah satu dari mikroskop berikut ini: 1) Nikon Eclipse 80i, 100x 40x 20x 10x objective lens (Nikon Instruments Inc., Melville, NY 11747, USA); 2) Olympus BX50, 100x 10x 4x objective lens (Olympus America INC., Melville, NY 11747, USA). Beberapa MMPs yang telah diisolasi dan fragmen ambigu lainnya kemudian dianalisis menggunakan FTIR (Model FTIR-4600, JASCO Incorporated, 28600 Mary's Court, Easton, MD 21601, USA). Untuk memungkinkan perhitungan partikel, digunakan cawan petri yang diberi nomor secara berurutan. Template ini mengeliminasi duplikat atau salah hitungan dan membantu menemukan dan mengidentifikasi partikel ambigu di bawah mikroskop jika diperlukan konfirmasi dari pihak kedua. Perhitungan partikel pasta gigi dibantu dengan menambahkan MMPs dalam t-Butanol, yang memberikan disperse teratur fragmen polyetilen dalam larutan.

2.3 Hasil dan Pembahasan

2.3.1 Studi *Bench Scale*

Uji dispersi (daya apung dan pengendapan) *microbeads* dalam cairan campuran menunjukkan bahwa sebagian besar partikel mengambang pada permukaan (Gambar 3 (a)). Daya apung partikel fluoresensi konsisten terhadap kepadatan (1,0 - 1,143 g/mL) sesuai instalasi. Namun, dalam pengujian partisi tersimulasi, sebagian besar partikel mikro fluoresensi terperangkap dengan kertas toilet padat, sementara sekitar 40% tetap mengambang di permukaan cairan. Sebagian kecil partikel yang terperangkap muncul kembali ketika partikel mikro pada sampel yang mengambang dihilangkan dan diguncang dengan kuat.

Studi *Bench* kami juga menunjukkan bahwa *microbeads* (10 - 300 μm) dapat dipertahankan secara efektif oleh media yang digunakan dalam filter gravitasi

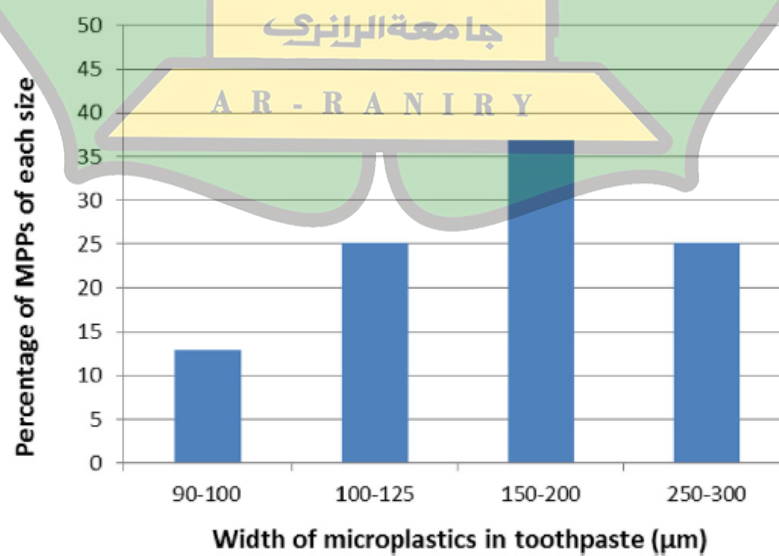
tersier. Tidak perubahan setelah menyaring 2 L limbah kedua yang menyimpang. Lebih dari 95% partikel mikrobead yang menyimpang mewakili kisaran simpangan yang ditemukan di filter pencucian.

MPP yang paling sering diamati selama penelitian instalasi ini berbentuk tidak teratur, partikel polietilen biru, ditemukan dalam formula pasta gigi pemutih yang sering digunakan. Sekitar 100 mg partikel putih dan biru diisolasi dari 5,4 g pasta gigi dengan menggunakan metode yang dijelaskan sebelumnya. Jumlah ini mewakili sekitar 1,8% dari total berat pasta gigi. Partikel biru dan putih memiliki kepadatan yang berbeda dan dapat dipisahkan dengan mudah di dalam air. Fragmen polietilen biru (Gambar 3 (b)) mengambang ke permukaan air; partikel putih memiliki densitas komponen yang tinggi sehingga berada dibagian bawah. Partikel putih sangat stabil terhadap panas, tetapi mudah pecah dengan tekanan kecil dari spatula, sifatnya konsisten dengan mika, seperti yang tercantum pada kemasan produk. Partikel biru yang diperoleh dari pasta gigi menunjukkan sifat plastik polietilen (Gambar S8 (b, c)). MPP ini memiliki lebar antara 90 dan 300 μm dan panjang 100-600 μm , sebagian besar lebih besar dari 100 μm (Gambar 4). Dalam aplikasi pasta gigi biasa ($\sim 1,6$ g), ~ 4000 fragmen polietilen biru dihitung.

Dampak biofilm pada MPP juga diperiksa menggunakan MPP biru terisolasi. Dalam percobaan ini, sebagian besar MPP melayang ke permukaan di setiap vial yang dibubuhi cairan campuran. Setelah > 48 jam pencampuran, partikel biru dalam botol yang diautoklaf masih didistribusikan terutama di permukaan. Partikel-partikel dalam botol non-steril tampak lebih tersebar secara acak di seluruh fase air, karena kepadatan atau perubahan fisik lainnya yang disebabkan oleh lapisan biofilm.



Gambar 3. (a) Distribusi Microbeads dalam cairan campuran (b) MPPs dalam pasta gigi (c) Bio-residu dalam ayakan 180 μm tanpa MPP (d) MPP biru dalam sampel dari bak *skimming* di sebuah WRP (e) MPP biru dan residu bio dalam saringan 180 μm di WWTP (f) MPP biru ditemukan di limbah akhir di WWTP (g) Mikroplastik berwarna biru dilapisi biofilm berwarna kecoklatan (h) MPP dalam sampel *skimming* primer di WWTP (i) MPP di sentrat WWTP.



Gambar 4 Distribusi ukuran rata-rata mikroplastik dalam pasta gigi (panjang partikel: 100-600 μm) ditentukan menggunakan mikrometer point to point.

2.3.2 WRP Tersier

Seringkali, volume sampel komposit yang relatif kecil digunakan dalam penelitian instalasi. Pada penelitian ini dicoba untuk menggunakan volume yang lebih besar yang secara statistik mewakili total aliran instalasi. Pada kasus proses volume limbah yang besar, penyaringan dilakukan di lokasi dengan menggunakan metode yang cocok untuk pengambilan sampel volume besar (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Pada saat pengambilan sampel digunakan 3 tumpukan penyaring dengan ukuran mesh 400, 180 dan 45 μm . Terdapat 2 kondisi dimana kualitas air cocok dan tidak terjadi penyumbatan dalam jangka pendek (WRP 1), saringan keempat (20 μm) ditambahkan untuk menyaring residu yang lebih kecil dalam limbah. Namun saringan 20 μm sering tersumbat di sebagian besar WRP.

Pada tabel 1, volume total limbah yang telah disaring dan jumlah residu dari tujuh WRP tersier dikumpulkan dan dirangkum. Setelah penyaringan lebih dari $1,89 \times 10^5$ L limbah di masing-masing instalasi tersier, tidak ditemukan partikel atau mikroplastik dalam pembuangan limbah bawah permukaan air. Sebagian besar residu yang disaring terdiri dari detritus yang diturunkan dari mikroba. Hasil diidentifikasi dengan menggunakan mikroskop, dan berlimpah pada saringan di setiap instalasi. Jumlah residu paling sedikit terdapat pada saringan ukuran 400 μm , kecuali untuk WRP 3. Volume residu tertinggi terdapat pada saringan ukuran 45 μm . volume residu yang terkumpul bervariasi diantara semua instalasi. Sisa biologis yang disaring (Gambar 3(c)) mencerminkan spektrum mikroorganisme yang ada dalam tahap aktif biologis (zona aerasi dan anoksik instalasi). Gambar dari beberapa mikroorganisme (Gambar S3 (a, b)) dan spektrum FT-IR (Gambar S8 (d)) dari sampel bioresidu ditunjukkan di Lampiran A. Rotifer adalah jenis mikroorganisme yang paling melimpah di bioresidu, hingga 60% dari total residu berdasarkan volume. Residu yang tertinggal dalam saringan jaring terkecil (20 μm) pada dasarnya mengandung distribusi dan profil mikroorganisme yang sama seperti yang terlihat pada saringan 45 μm .

Karena pompa efluen di semua instalasi memiliki intake di bawah permukaan pembuangan, penyaringan permukaan ditambah di tiga lokasi untuk mencegah mikroplastik mikroplastik yang mengapung atau puing-puing permukaan

yang mungkin terlewat dalam desain filtrasi awal. Tabel 2 menunjukkan hari pengambilan sampel, waktu, volume limbah yang disaring, dan jumlah MPP yang teridentifikasi di setiap instalasi. Untuk WRP 2, > 90% dari residu yang terkumpul pada filter di permukaan adalah rumput, gulma dan tumbuhan lainnya. Jumlah besar residu vegetatif mengambang di WRP 2 kemungkinan besar disebabkan oleh kegiatan pemeliharaan tanah di dekat titik pembuangan limbah. Di WRP 7, limbah disaring dengan saringan dan skim permukaan secara bersamaan. Ukuran mesh dari saringan juga dipilih agar sesuai dengan skim permukaan (125 μm). Hanya lima partikel mikroplastik yang ditemukan di skim, tidak ada ditemukan disaring limbah WRP 7. Sebanyak 31 MPP termasuk 3 fragmen mirip benang ditemukan di 28,4 juta liter limbah yang disaring permukaan di tiga instalasi yang diteliti (Gbr S2 (a)). Plastik berserat (Gbr. S3 (c)) yang dapat dibedakan secara mikroskopis dari bio-residu yang disaring (Gbr. S3 (b)) tidak diamati dalam pelepasan akhir yang dipelajari.

Berbagai lokasi dalam WRP 1 (Gambar. 2) diambil sampelnya dalam upaya untuk memetakan keberadaan MPP, pengangkutan dan pemindahannya dalam sistem. Pada filter gravitasi, 45,2 L pencucian dikumpulkan selama siklus pembersihan filter. Meskipun model filter Bench pada penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi filter gravitasi secara efektif dapat mempertahankan microbead dalam kisaran ukuran 10-300 μm , tidak ada MPP yang terdeteksi dalam salah satu sampel pencucian yang berisi fragmen antrasit konsentrasi sangat tinggi, media filter halus dan padatan biologis. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah tersier pada dasarnya bebas dari MPP. Deteksi dari tiga lusin MPP selama penyaringan di permukaan kemungkinan disebabkan oleh temuan MMP, atau hasil dari pencemaran udara di saluran terbuka yang mengarah ke pembuangan di instalasi tersier (Gambar S6 dan 7) (Rillig, 2012; Rocha -Santos dan Duarte, 2015).

Filter saringan juga diletakkan pada instalasi yang sama yang tidak memiliki filter air limbah sekunder. 5,68 x 10⁵ L disaring menggunakan tumpukan saringan. Untuk memperpanjang waktu pengambilan sampel, hanya digunakan 2 saringan dengan ukuran mesh yang lebih besar (400 dan 180 μm) untuk menunda penyumbatan yang disebabkan oleh tingginya tingkat padatan pada instalasi yang

tidak memiliki filter sekunder. Volume total 600 mL residu padat dikumpulkan pada dua saringan. Hanya terdapat satu MPP yang ditemukan pada residu tersebut, tidak ditemukan fiber yang diidentifikasi (tabel 3). Lumpur aktif dari tangki pengendapan akhir juga diambil sampelnya. Rata-rata, satu partikel dalam 20 mL RAS diamati dalam sampel tersebut, tidak ada fiber sintetis yang diidentifikasi setelah pemrosesan sampel. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar fragmen mikroplastik dan residu fiber lainnya telah dihilangkan selama tahap awal skimming dan pengendapan pengolahan primer.

Grab sampel dikumpulkan di beberapa lokasi di rangkaian pengolahan limbah mentah primer. Tempat penampungan skimming diambil sampelnya pada shift siang dan malam (8 jam per shift) untuk mengevaluasi apakah terdapat variasi beban partikel plastik yang mempengaruhi instalasi. Jumlah MPP yang setara (~ 5 MPP per gram lumpur permukaan skim) ditemukan pada kedua shift (Gbr. 3 (d)). Sampah permukaan di tangki aerasi juga diselidiki. Kesulitan pengambilan sampel dan penghitungan yang ditemui di lokasi ini, berasal dari distribusi padatan yang tidak seragam di tangki, dan sifat matriks yang rumit dan buruk. Oleh karena itu, jumlah partikel di lokasi ini hanyalah perkiraan kasar.

Penguraian sampel menggunakan asam mineral kuat mula-mula digunakan untuk mereduksi padatan organik dalam matriks. Campuran asam dengan berbagai rasio dan konsentrasi digunakan. Reduksi ini dilakukan dengan menggunakan blok pemanas atau destruksi microwave pada suhu 110-120 °C. Meskipun metode ini menghilangkan sebagian besar permasalahan matriks, destruksi pada suhu tinggi dapat menyebabkan rusaknya plastik polietilen dan polipropilen yang memiliki titik leleh sedikit di atas kisaran tersebut. Beberapa MPP dalam sampel yang diamati meleleh pada suhu 90 °C, kemudian membentuk gumpalan rapuh yang terkonsolidasi setelah residu didinginkan hingga suhu kamar. Dengan mengganti hipoklorit untuk destruksi asam, pada penelitian ini dapat mendisinfeksi sampel septik dan mengurangi masalah matriks secara bersamaan. Kondisi hipoklorit yang lebih ringan dapat menghilangkan masalah peleburan dan menghilangkan transformasi fisik yang tidak diinginkan lainnya, sehingga memungkinkan identifikasi visual dan pelacakan sumber partikulat.

Table 1
Results of stacked sieve filtration at tertiary WRPs

Site	Sampling date(s)	Σ Volumes filtered (L) ^a	Residues in 45 mm sieve (mL) ^b	Residues in 180 μ m sieve (mL)	Residues in 400 μ m sieve (mL)
WRP 1	6/17-28 7/28-8/1	$1,93 \times 10^5$	12,9	1,9	1,0
WRP 2	6/27-7/2 8/4-8	$1,89 \times 10^5$	7,1	0,2	ND
WRP 3	7/22-26 7/30-8/1	$1,96 \times 10^5$	2,1	ND	0,2
WRP 4	8/4-11	$2,32 \times 10^5$	5,0	0,2	ND
WRP 5	7/8-10 8/14-19	$1,96 \times 10^5$	18,6	7,5	0,5
WRP 6	9/15-22	$2,29 \times 10^5$	2,0	1,6	1,0
WRP 7	12/30-1/6	$1,96 \times 10^5$	1,0	ND	ND

^a A total of volumes.

^b A 125 mm sieve was used for WRP 7.

^c None was found

Table 2
Result summary of surface-skimmed tertiary effluent.

Site	Duration days	Deployment time (hours)	Fraction discharge skimmed	Volume skimmed ($\times 10^6$ L)	Residues in 125 mm sieve (mL)	MPP counts
WRP 1	8	13.24	20%	9.46	52	23
WRP 2	2	28.00	10%	9.42	1.0	3
WRP 3	3	6.46	100%	9.57	1.2	5

^a Skimming performed from 12/9/2014 to 1/6/2015.

Table 3
MPPs distribution at WRP 1.

Location	MPP counts
Primary tank skimming's	Highest count ($\sim 5/g$) ^a
Scum in aeration tanks	Low to medium counts ^a
Return activated sludge	One/20 mL ^b
Secondary effluent	One/5.68 10^4 L
Gravity filter backwash	None found/45.4 L ^b
Final effluent	None found/ 1.93×10^5 L

^a Could not be correlated to influent volume.

^b Average of 4 replicates

Tingginya jumlah mikroplastik di tempat penampungan skimming mengkonfirmasi adanya mikroplastik di limbah WRP. Untuk memperkirakan jumlah MPP dalam limbah mentah, disaring aliran limbah menggunakan saringan yang dirakit dari atas ke bawah (ukuran mesh : 9,5 mm - 180 μ m). Namun, upaya filtrasi ini gagal karena saringan dengan cepat tersumbat oleh kertas dan residu padat lainnya dalam limbah mentah. Upaya mengisolasi partikel dengan

menggunakan destruksi asam juga gagal karena beban padat yang berlebihan. Kami kemudian mencoba mengisolasi beberapa MPP dengan memanfaatkan daya apung MPP tersebut. Proses ini dilakukan dengan menuangkan 5 L influen selama 4 jam dalam gelas kimia besar (Claessens et al., 2013). Pada akhir aerasi, permukaan sampel diperiksa dengan cermat menggunakan kaca pembesar. Tidak ada MPP yang ditemukan. Di instalasi tersier, sebagian besar mikroplastik yang masuk ke instalasi cenderung bercampur dengan lumpur dan mengendap. Padatan primer yang mengendap ini (Gambar 2) kemudian dikirim ke fasilitas penanganan air limbah/padatan untuk diproses.

2.3.3 Fasilitas penanganan air limbah / padatan (instalasi sekunder)

Padatan yang mengendap dan permukaan skimming yang mengandung sebagian besar mikroplastik yang dikeluarkan dari fasilitas hulu tersier (WRP 1-5, 7, 9; lihat Saluran pembuangan batang pada Gambar 1) dikirim ke hilir ke fasilitas penanganan air limbah/padatan. IPAL ini memiliki kapasitas untuk memproses sekitar $1,51 \times 10^9$ L per hari dan sejauh ini merupakan fasilitas penanganan air limbah terbesar dan paling kompleks; dengan demikian, hal tersebut menghadirkan tantangan unik untuk penelitian ini. $4,23 \times 10^5$ L limbah akhir yang dibuang di fasilitas ini disaring menggunakan tiga saringan bertumpuk ($400 \mu\text{m}$, $180 \mu\text{m}$ dan $100\text{-}150 \mu\text{m}$). Sebanyak 41 mL residu padat dikumpulkan di saringan. MPP biru diamati menggunakan mikroskop berbentuk acak bercampur dengan residu padat lainnya (gambar 3 (e)). Setelah padatan diencerkan menjadi 500 mL dengan air DI dalam gelas kimia besar; beberapa MPP biru yang berbentuk tidak beraturan dapat dilihat pada permukaan. Dalam larutan yang diencerkan, sebagian besar MPP ini terlihat mengendap atau berasosiasi dengan detritus mikroba. Pengadukan larutan yang berkepanjangan dapat memisahkan atau melepaskan beberapa residu plastik dari padatan, dan mengubah distribusinya dalam larutan. Beberapa partikel bola putih/transparan yang ditemukan dalam residu yang disaring ditentukan untuk menjadi lunak dan terhidrasi dengan menggunakan spatula mikro yang bukan terbuat dari plastik. Padatan mikro ini dapat ditemukan dalam beberapa produk kosmetik. Fragmen putih atau transparan lainnya dikonfirmasi sebagai plastik

(Gambar S2 (b)); pemeriksaan dilakukan menggunakan mikroskop dan tidak ada fraksi yang berserat. Sebanyak 373 partikel dengan berbagai warna, bentuk dan ukuran diidentifikasi dalam $4,23 \times 10^5$ L limbah di fasilitas ini, lebih dari 90% dari MPP ini adalah fragmen polietilen biru berbentuk tidak beraturan. Mikroplastik biru diidentifikasi menggunakan mikroskop (Gambar 3 (f) dan S8 (e)) tampak identik dengan partikel yang diisolasi dari pasta gigi. Ditemukan juga bahwa residu mikroplastik ditutupi dengan lapisan biofilm berwarna coklat. Pada banyak partikel, lapisan biofilm ditinjau untuk benar-benar melapisi mikroplastik (Gambar. 3 (g)). Karena 373 partikel terdeteksi dalam $4,23 \times 10^5$ L limbah sekunder, kami memperkirakan bahwa, rata-rata satu partikel mikro dibuang pada setiap $1,14 \times 10^3$ L limbah pada padatan yang menangani IPAL ini. Ini disamakan dengan total total debit harian $\sim 0,93 \times 10^6$ MPPs.

Grab sampel dari ruang skimming primer dan sekunder pada fasilitas pengolahan yang sama diperiksa. Dua lusin MPP ditemukan dalam ~ 5 g sampel dari skimming primer. Kebanyakan MPP merupakan fragmen polietilen biru (Gambar. 3 (h)). Namun, hampir tidak ada MPP yang ditemukan dalam sampel skimming sekunder. Dapat disimpulkan bahwa skimming tahap awal dari padatan mengambang di primer adalah mode untuk penghilangan MPP yang sangat efisien. Di area lain jumlah mikroplastik yang tinggi berada di zona konsentrat (Gambar. 3 (i), S2 (c)). Ringkasan pengangkutan dan pembuangan mikroplastik di fasilitas pengolahan ini bersama dengan perkiraan beban MPP influen ditunjukkan pada Tabel 4.

Table 4
Survey results at WWTP including daily estimates of influent loads.

Location	Sample	MPP Counts	Estimated total daily MPP counts
Grit	2,1 g	1 ^a	$\sim 7,78 \times 10^6$
1 ^o Skimming	5 g	20 ^a	
2 ^o Skimming	5 g	None found ^a	
CTS ^b influent	100 mL	51	
Thickened centrate	100 mL	267	
Biosolids	5 g	5 ^a	$\sim 1,09 \times 10^9$
Final effluent	$4,23 \times 10^5$ L	373	$\sim 0,93 \times 10^6$
Σ Grit+Biosolids+Final effluent			$1,10 \times 10^9$ per day
Grit+Biosolids			$1,10 \times 10^6$ per day (99,9% removal by the plant)
Influent			One particle per liter

a Average number of 2 or 3 replicates. b Centrate thickening system.

Dalam biosolid, rata-rata 5 partikel dalam 5 g sampel ditemukan; di sini

juga, sebagian besar partikel yang diidentifikasi mirip dengan MPP yang ditemukan di instalasi. Metode (Hidalgo-Ruz et al., 2012) untuk mengisolasi mikroplastik dalam sedimen diterapkan dalam upaya untuk memisahkan fiber dalam lumpur/padatan yang mengendap atau biosolid. Berdasarkan produksi biosolid harian, $1,09 \times 10^6$ kg per hari, kami memperkirakan bahwa $\sim 1,09 \times 10^9$ MPP dikeluarkan dari fasilitas itu setiap hari dengan biosolid, bersamaan dengan $\sim 7,78 \times 10^6$ partikel dalam grit dari ruangan grit dan $\sim 0,93 \times 10^6$ partikel dalam limbah akhir dibuang. Membandingkan jumlah pengaruh harian ($1,10 \times 10^9$ mikroplastik) dengan perkiraan jumlah pembuangan harian, kami menghitung efisiensi penghilangan mikroplastik pada instalasi berada di kisaran 99,9%. Berdasarkan aliran harian gabungan, kami juga memperkirakan jumlah rata-rata satu MPP dalam per liter limbah. Jumlah satu liter partikel dalam limbah mentah ini dikonfirmasi dalam penelitian paralel yang dilakukan di WRP 6, instalasi lain dengan penanganan padatan di tempat.

Temuan MPP konsisten dengan persentase rendah, serat plastik yang ditemukan di sedimen laguna dan sungai yang menerima limbah dari IPAL (Vianello et al., 2013, Kein et al., 2015). Saat ini, serat plastik dalam limbah mentah bercampur dengan massa serat selulosa (Remy et al., 2015) dari kertas toilet dan makanan padat, dan kemudian dibuang dengan flok yang mengendap. Instalasi pengolahan dirancang khusus untuk menangani flok ini pada tahap pengolahan primer dan sekunder.

Dalam limbah mentah tinggi padatan, MPP dengan densitas rendah mengapung, atau mengendap saat terperangkap dalam flok padat, dalam salah satu kasus partikel ini masih dapat dihilangkan dengan mudah melalui skimming atau pengendapan di instalasi. Faktor lain juga dapat mempengaruhi efisiensi penghilangan MPP. Mikropartikel dapat terperangkap dalam flok yang tidak stabil yang mungkin tidak mengendap dengan cara yang efisien. Hal ini akan menyebabkan redistribusi dinamis partikel dalam fase air dan memungkinkan beberapa partikel lolos dari pembuangan selama tahap skimming dan pengendapan. Penemuan biofilm terlihat pada padatan yang dibuang di limbah sekunder mungkin telah memengaruhi sifat fisik partikel plastik ini. Hal ini diamati dalam studi

biofilm. Pelapisan biologis dapat bertindak sebagai bahan pembasah dan dapat mengubah sifat permukaan fragmen polietilen menjadi hidrofobik, atau biofilm dapat mengubah kepadatan relatif partikel dibandingkan dengan plastik yang tidak dilapisi. Setiap perubahan tersebut dapat berdampak terhadap efisiensi penghilangan MPP di instalasi pengolahan kota. Partikel yang mengapung secara netral lebih mungkin lolos dari dua mode penghilangan padatan, proses skimming dan pengendapan. Dengan demikian, tampaknya endapan permukaan biologis mungkin berkontribusi atas setidaknya sebagian mikroplastik yang diamati dalam pelepasan sekunder yang dipelajari. Dapat dikaitkan lamanya waktu kontak (CT) dalam rangkaian pengolahan dengan peningkatan potensi pengotoran permukaan. Peningkatan CT dari padatan dalam sistem dapat berkontribusi pada jumlah MPP yang lebih tinggi yang terlihat pada limbah di IPAL dimana CT dari jumlah MPP melebihi yang ada di hulu tersier.

Rancangan proses pengolahan yang ada tampaknya sangat efektif dalam menghilangkan polutan baru ini. Analisis sampel yang diambil dari beberapa lokasi dalam instalasi pengolahan menunjukkan bahwa sebagian besar kontaminan ini telah dihilangkan pada tahap pengolahan primer melalui proses skimming dan pengendapan. Proses WRP tersier tampaknya efektif dalam menghilangkan kontaminan mikroplastik dalam limbah, bahkan fasilitas penanganan limbah/padatan hilir sekunder menunjukkan efisiensi pembuangan di atas 99,9%. Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa beberapa produk konsumen mungkin memberikan kontribusi yang lebih banyak terhadap mikroplastik IPAL. MPP yang diamati dalam penelitian ini sebagian besar berasal dari produk perawatan dan produk kosmetik (Gambar S8 (f)), yang memiliki tampilan dan profil yang sangat berbeda dengan jenis plastik yang biasa diamati di lingkungan. Fragmen yang paling umum tampaknya berasal dari beberapa formula pasta gigi. Peningkatan jumlah ini mungkin hanya terkait dengan popularitas produk, frekuensi penggunaan dan jumlah aplikasi.

2.4 Kesimpulan

Kesadaran akan pentingnya filter limbah dalam menghilangkan MPP masih minim. Partikel mikroplastik yang ditemukan perlu dihilangkan terutama di zona pengolahan primer melalui proses skimming padatan dan pengendapan lumpur. Hasil penelitian ini lebih lanjut menunjukkan bahwa pembuangan limbah dari fasilitas pengolahan air limbah sekunder dan tersier mungkin hanya berkontribusi minimal terhadap jumlah mikroplastik di lautan dan lingkungan air permukaan. Plastik yang memasuki fasilitas pengolahan air limbah, sebagian besar, berbeda dari yang biasa dibuang di saluran air hujan, pantai, lautan, dan lokasi air tawar seperti danau dan sungai. Sumber utama mikroplastik di lingkungan ini dilaporkan terutama berasal dari kemasan produk yang dibuang (wadah, tas, botol) dan sampah industri. Di lingkungan terbuka, plastik semacam itu mengalami fotodegradasi yang disebabkan oleh iradiasi UV serta erosi mekanis yang menyebabkan rapuh dan rekahan. Proses seperti itu, yang dapat menguraikan plastik yang dibuang, sebagian besar tidak ada selama pengolahan air limbah.

Belakangan ini industri kosmetik dan produk kecantikan telah meningkatkan kesadaran akan kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh polutan ini. Pembuat produk kosmetik sudah mulai secara bertahap menghilangkan dan mengganti aditif ini dengan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, beberapa negara bagian (misalnya, California, New York, New Jersey, dan Illinois) telah mengusulkan larangan penggunaan dan penjualan kosmetik yang mengandung mikroplastik.

BAB III

PEMBAHASAN

Penelitian ini menjelaskan pembuangan limbah yang beresiko memberi kontribusi terhadap akumulasi mikroplastik dalam lingkungan. Mikroplastik merupakan polutan plastik yang berukuran lebih kecil dari 5 mm, biasanya terdiri dari polietilen, polipropilen dan polimer lainnya. Keberadaan mikroplastik di lingkungan akan terus meningkat seiring dengan produksi dan pemakaian plastik yang juga meningkat. Mikroplastik dapat ditemukan pada produk perawatan diri dan produk kosmetik. Mikroplastik biasanya ditemukan pada produk yang sering kita gunakan sehari-hari, seperti losion, sabun, facial dan body scrub dan juga pada pasta gigi. Mikroplastik yang terkandung dalam produk tersebut akan mengalir ke aliran pembuangan rumah tangga dan berakhir pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Penelitian ini melaporkan hasil tentang keberadaan partikel mikroplastik pada sistem pengolahan air limbah serta pada pengangkutan dan pembuangan selama pengolahan air limbah.

Sampel air limbah diambil dari Distrik Sanitasi di kota Los Angeles yang memiliki keperluan terbesar pengolahan air limbah di Amerika Serikat dan mengoperasikan dua belas fasilitas pengolahan air limbah. Empat diantaranya dapat mengatasi limbah padatan. Pengambilan sampel dilakukan antara Juni 2014 dan Januari 2015. Pada saat uji dispersi (daya apung dan pengendapan) partikel mikro dalam cairan campuran menunjukkan bahwa sebagian besar partikel mengambang pada permukaan. Daya apung partikel adalah 1,0 - 1,143 g/mL. Partikel mikro berukuran 10 - 300 μm masih bisa ditahan oleh media pada filter gravitasi tersier. MPP yang sering diamati pada penelitian ini adalah partikel polietilen biru yang berbentuk tidak teratur, partikel ini juga sering ditemukan pada pasta gigi. MPP ini memiliki lebar antara 90 dan 300 μm dan panjang 100-600 μm , sebagian besar lebih besar dari 100 μm .

Hasil penyaringan dari $1,89 \times 10^5$ L limbah di masing-masing instalasi tersier pada ketujuh WRP tidak ditemukan partikel atau mikroplastik dalam pembuangan limbah. Hasil identifikasi menggunakan mikroskop menunjukkan

residu yang diperoleh sebagian besar terdiri dari detritus yang diturunkan dari mikroba. Pada WRP 2 pengambilan sampel dilakukan selama 8 hari dengan waktu total pengambilan sampel 13 jam, residu yang dikumpulkan pada saringan 125 μm sebesar 52 mL dan terdapat 23 jumlah MPP yang dihitung. Pada WRP 3 pengambilan sampel dilakukan selama 2 hari dengan waktu total pengambilan sampel 28 jam, residu yang dikumpulkan pada saringan 125 μm sebesar 1,0 mL dan terdapat 3 jumlah MPP yang dihitung. Terakhir, adpa WRP 7 pengambilan sampel dilakukan selama 3 hari dengan waktu total pengambilan sampel 6 jam, residu yang dikumpulkan pada saringan 125 μm sebesar 1,2 mL dan terdapat 5 jumlah MPP yang dihitung.

Jumlah MPP yang ditemukan paling banyak berada di tangki Skimming primer pada WRP 1 dengan total MPP yang dihitung $\sim 5/\text{g}$ dan MPP tidak ditemukan pada pembuangan limbah akhir. Sedangkan pada IPAL, MPP terbanyak ditemukan pada limbah akhir dengan 373 jumlah MPP yang dihitung dalam $4,23 \times 10^5$ L sampel limbah, MPP yang ditemukan pada IPAL 90% berbentuk fragmen polietilen biru.

Melihat banyaknya partikel mikroplastik yang ditemukan pada penelitian ini, maka diperlukan upaya untuk penanggulangan terhadap limbah pada IPAL. Belakangan ini industri kosmetik dan produk kecantikan telah meningkatkan kesadaran akan kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh polutan ini. Pembuat produk kosmetik sudah mulai secara bertahap menghilangkan dan mengganti aditif mikroplastik dengan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Bahkan di beberapa negara telah mengusulkan larangan penggunaan dan penjualan kosmetik yang mengandung mikroplastik.

3.1. Data Jurnal dan Data Artikel

3.1.1. Identitas Jurnal Ilmiah

Jurnal	<i>Water Research</i>
Cite Score	15.5
Impact Factor	9.130
5-Year Impact Factor	9.639
Source Normalized Impact per Paper (SNIP)	2.542
SCImago Journal Rank (SJR)	2.932

3.1.2. Identitas Artikel

Judul Artikel Ilmiah	<i>Transport and Fate of Microplastic Particles in Wastewater Treatment Plants</i>
Nomor	91
Tahun	2016
Halaman	174-182
Penerbit	Elsevier Ltd
Penulis	Steve A. Carr, Jin Liu, Arnold G. Tesoro
Institusi Penulis	San Jose Creek Water Quality Control Laboratory

3.2. State of The Art

Perdebatan tentang apakah bahan-bahan yang dibuang berkontribusi secara signifikan terhadap akumulasi mikroplastik di lingkungan telah meluas. Selain itu, hingga saat ini belum diketahui bagaimana polutan tersebut bereaksi selama diangkut melalui fasilitas pengolahan air limbah. Temuan baru dapat membantu memperbaiki dan meningkatkan proses instalasi pengolahan yang ada untuk mengelola atau menghilangkan golongan polutan baru ini. Penelitian ini melaporkan survei lengkap pertama tentang keberadaan partikel mikroplastik dalam sistem pengolahan air limbah serta pengangkutan dan pembuangannya selama pengolahan air limbah biasa.

Tabel 3.2.1. Perbandingan jurnal yang berkaitan

No	Deskripsi Jurnal	Pembahasan
1	Judul : Solutions to microplastic pollution - Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies Tahun : 2017 Peneliti : Julia Talvitie Anna Mikola Arto Koistinen Outi Setälä Metode Penelitian : Kuantitatif Jurnal : Water Research	Penelitian ini menyelidiki penyisihan MP dari limbah di empat instalasi pengolahan air limbah kota yang berbeda dengan menggunakan teknologi pengolahan tahap akhir lanjutan yang berbeda. Penelitian ini menggabungkan bioreaktor membran yang mengolah limbah primer dan teknologi pengolahan tersier yang berbeda (diskfilter, filtrasi pasir cepat, dan flotasi udara terlarut) yang mengolah limbah sekunder. MBR menghilangkan 99,9% MP selama pengolahan (dari 6,9 hingga 0,005 MP L⁻¹), saringan pasir cepat 97% (dari 0,7 hingga 0,02 MP L⁻¹), flotasi udara terlarut 95% (dari 2,0 hingga 0,1 MP L⁻¹) dan diskfilter 40-98,5% (dari 0,5 - 2,0 hingga 0,03 - 0,3 MP L⁻¹) dari MP selama pengolahan. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi pengolahan lanjut pada IPAL dapat secara substansial mengurangi polusi MP yang dibuang dari instalasi pengolahan air limbah ke lingkungan akuatik. Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian : Menggunakan acuan berdasarkan jurnal <i>Transport And Fate Of Microplastic Particles In Wastewater Treatment Plants</i>

		Menjadi pembanding hasil penyisihan MP pada IPAL
2	Judul : Microplastics in the wastewater treatment plants (WWTPs): Occurrence and removal Tahun : 2019 Peneliti : Xia Xu Yun Jiang Yingang Xue Qingtong Hou LiPing Wang Metode Penelitian : Kuantitatif Sampling, Observasi dan Identifikasi dan Analisis Data Jurnal : Chemosphere	Dalam penelitian ini, limbah yang masuk dan keluar dari sebelas IPAL di Changzhou dikumpulkan dan dianalisis kelimpahan, ukuran, warna, dan bentuk MP yang masuk dan keluar. Kelimpahan rata-rata MP dalam influen dan limbah masing-masing adalah $196,00 \pm 11,89$ n/L dan $9,04 \pm 1,12$ n/L, dan efisiensi penyisihan MP dari sebelas IPAL hampir di atas 90% dan bisa mencapai 97,15%. MP dibagi menjadi empat ukuran partikel berdasarkan perubahan kelimpahan. MP dengan kelimpahan tertinggi berukuran 0,1-0,5 mm. MP yang ditemukan terutama berbentuk serat dalam air limbah, kemudian fragmen, serpihan, bola, dan film. Warna MP dalam air limbah bervariasi dan 14 jenis plastik dideteksi dari air limbah menggunakan <i>Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (ATR-FTIR). Selain itu, Rayon dan PET merupakan jenis polimer yang dominan di sebelas IPAL. Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian : Menjadi pembanding hasil penyisihan MP pada IPAL
3	Judul :	Penelitian ini menunjukkan bahwa

Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal Tahun : 2019 Peneliti : Jing Sun Xiaohu Dai Qilin Wang Mark C.M. van Loosdrecht Bing-Jie Ni Metode Penelitian : Kualitatif Jurnal : Water Research	instalasi pengolahan air limbah (IPAL) merupakan penyumbang utama mikroplastik pada lingkungan. Sehingga perlu dilakukan deteksi mikroplastik dan pemahaman keberadaan di IPAL untuk pengendalian mikroplastik. Secara khusus, berbagai teknik yang digunakan untuk mengumpulkan mikroplastik dari air limbah dan lumpur limbah, serta metode pretreatment dan karakterisasinya ditinjau dan dianalisis. MP terdeteksi pada limbah masuk dan limbah keluar pada IPAL, konsentrasi MP yang ditemukan bervariasi, pada limbah masuk mulai dari 1 hingga 10044 partikel/L, dan pada limbah keluar mulai dari 0 hingga 447 partikel/L. MP yang paling umum terdeteksi adalah poliester, polietilen, polietilen tereftalat dan poliamida. Meskipun konsentrasi MP pada IPAL relatif rendah, namun total pembuangan MP dari IPAL memiliki nilai median yang besar yaitu 2×10^6 partikel/hari, sesuai dengan limbah tahunan rata-rata sebesar $5 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian : Menggunakan metode yang mengacu pada jurnal <i>Transport And Fate Of Microplastic Particles In Wastewater Treatment Plants</i>
---	--

3.3. Kelebihan/Keunggulan dari Penelitian

Penelitian ini menggunakan sampel dari 7 IPAL untuk mengetahui keberadaan mikroplastik dalam pengolahan air limbah. Sampel yang dianalisa dan dihitung residu tiap saringan dalam ukuran mikro.

Untuk mengisolasi mikro partikel, digunakan metode destruksi yang biasanya membutuhkan suhu yang tinggi dengan menggunakan blok pemanas atau microwave pada suhu 110-120 °C, namun dapat menyebabkan masalah pada matriks, yaitu plastik polietilen dan polipropilen yang memiliki titik leleh dibawah suhu tersebut. Bahkan beberapa MPP meleleh pada suhu 90 °C. pada penelitian ini digunakan metode destruksi asam dengan menggunakan cairan hipoklorit, sehingga dapat mendisinfeksi sampel septik dan mengurangi masalah matriks.

3.4. Kekurangan/Kelemahan dari Penelitian

Peneliti tidak meneliti pada semua IPAL yang ada dan hanya memilih IPAL yang mempunyai pengolahan limbah tersier.

Upaya filtrasi menggunakan saringan yang dirakit dari atas kebawah dengan ukuran mesh 9,5 µm – 180 µm gagal karena saringan dengan cepat tersumbat oleh kertas dan residu padat lainnya dalam limbah mentah. Isolasi partikel dengan memanfaatkan destruksi asam juga gagal karena beban padat yang berlebihan.

3.5. Dampak Penelitian

Penelitian ini melaporkan survei lengkap pertama tentang keberadaan partikel mikroplastik dalam sistem pengolahan air limbah serta pengangkutan dan pembuangannya selama pengolahan air limbah biasa. Dengan penelitian ini, dapat meningkatkan dan memperbaiki proses instalasi pengolahan yang ada untuk mengelola atau menghilangkan golongan polutan baru seperti partikel mikroplastik tersebut.

BAB IV

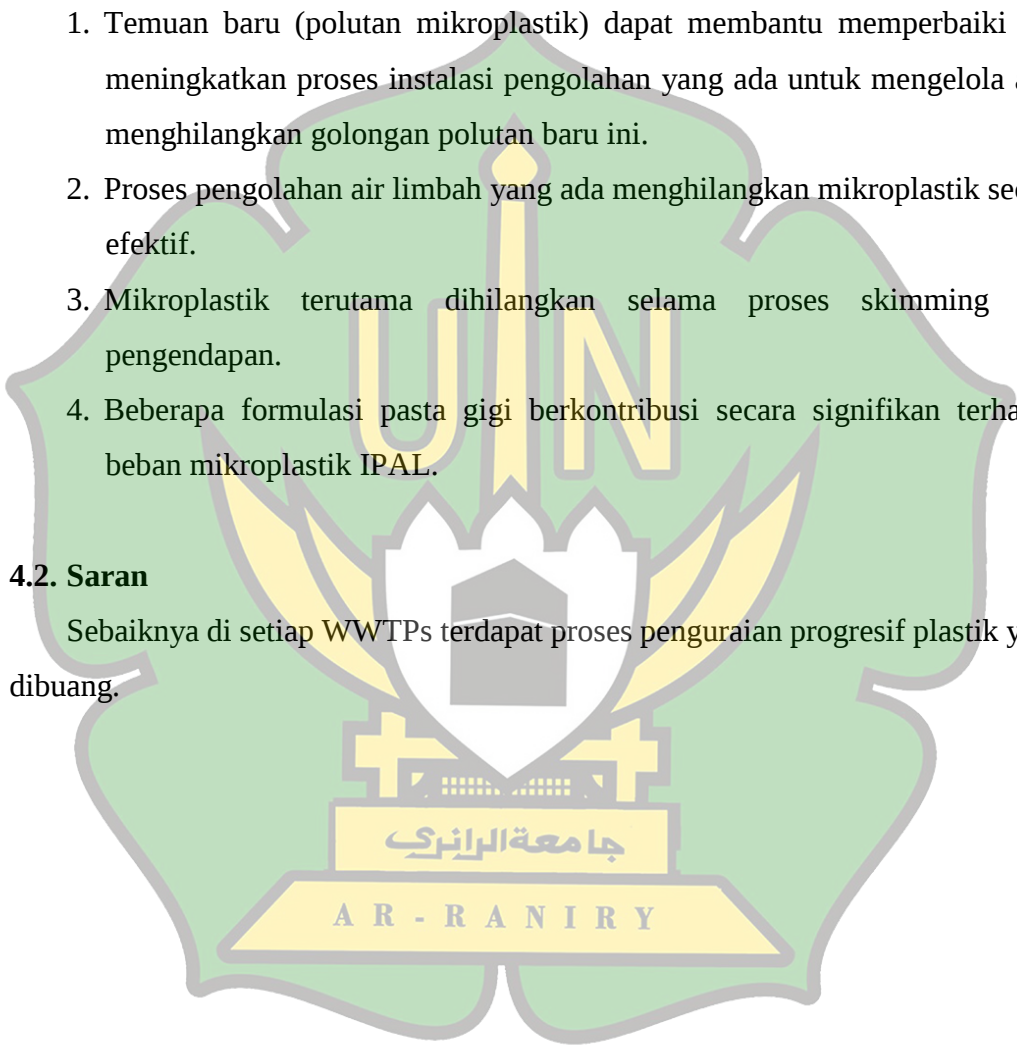
KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Temuan baru (polutan mikroplastik) dapat membantu memperbaiki dan meningkatkan proses instalasi pengolahan yang ada untuk mengelola atau menghilangkan golongan polutan baru ini.
2. Proses pengolahan air limbah yang ada menghilangkan mikroplastik secara efektif.
3. Mikroplastik terutama dihilangkan selama proses skimming dan pengendapan.
4. Beberapa formulasi pasta gigi berkontribusi secara signifikan terhadap beban mikroplastik IPAL.

4.2. Saran

Sebaiknya di setiap WWTPs terdapat proses penguraian progresif plastik yang dibuang.



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Cut Nadya lahir di Banda Aceh 18 November 1996 dari pasangan Alm. Bapak Teuku Syahrul dan Ibu Cut Rohana. Penulis adalah anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis sekarang berdomilisi di Banda Aceh, tepatnya di Jalan T. Iskandar no 312 Desa Lamglumpang Kecamatan Ulee Kareng Banda Aceh. Pendidikan yang telah ditempuh oleh penulis yaitu Sekolah Dasar Negeri 56 Banda Aceh lulus pada tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama Negeri 6 Banda Aceh lulus pada tahun 2011, dan Sekolah Menengah Atas Modal Bangsa Aceh lalu lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan Pendidikan di Pergurusn Tinggi Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Penulis menyelesaikan Pendidikan Strata-1 (S-1) pada tahun 2020.