



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PENURUNAN SURFAKTAN DAN FOSFAT AIR
SALURAN KALIDAMI MENGGUNAKAN MEDIA
KAPUR SEMEN DENGAN PROSES PRESIPITASI
SEDIMENTASI**

THERESIA ANGELA GUNARTA
0321154000103

DOSEN PEMBIMBING:
Dr. Ir. AGUS SLAMET, Dipl.SE., M.Sc

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



TUGAS AKHIR - RE184804

**PENURUNAN SURFAKTAN DAN FOSFAT AIR
SALURAN KALIDAMI MENGGUNAKAN MEDIA
KAPUR SEMEN DENGAN PROSES PRESIPITASI
SEDIMENTASI**

**THERESIA ANGELA GUNARTA
0321154000103**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. AGUS SLAMET, Dipl. SE., M. Sc**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**



FINAL PROJECT - RE184804

**REMOVAL OF SURFACTANTS AND PHOSPHATE
IN KALIDAMI CHANNEL WATER USING LIME-
CEMENT MEDIA BY PRECIPITATION AND
SEDIMENTATION PROCESS**

THERESIA ANGELA GUNARTA
03211540000103

Advisor
Dr. Ir. AGUS SLAMET, Dipl. SE., M. Sc

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

LEMBAR PENGESAHAN

PENURUNAN SURFAKTAN DAN FOSFAT AIR SALURAN KALIDAMI MENGGUNAKAN MEDIA KAPUR SEMEN DENGAN PROSES PRESIPITASI SEDIMENTASI

TUGAS AKHIR

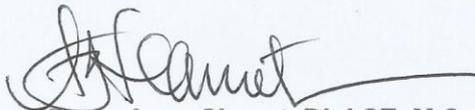
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

THERESIA ANGELA GUNARTA

NRP 03211540000103

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc

NIP 195908111987011001



PENURUNAN SURFAKTAN DAN FOSFAT AIR SALURAN KALIDAMI MENGGUNAKAN MEDIA KAPUR SEMEN DENGAN PROSES PRESIPITASI SEDIMENTASI

Nama Mahasiswa : Theresia Angela Gunarta
NRP : 03211540000103
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc.

ABSTRAK

Air limbah domestik *grey water* yang dibuang langsung ke drainase menyebabkan pencemaran lingkungan. Hal ini disebabkan *grey water* merupakan sumber surfaktan dan fosfat. Saluran Kalidami Surabaya merupakan badan air yang tercemar oleh *grey water*. Kapur merupakan alkali tanah yang dapat mengendapkan surfaktan dan fosfat. Tujuan penelitian ini adalah menentukan efisiensi penurunan surfaktan dan fosfat menggunakan media kapur semen serta menganalisis pengaruh waktu detensi dalam reaktor dan luas permukaan media artifisial terhadap penurunan surfaktan dan fosfat.

Penelitian diawali dengan karakterisasi air Saluran Kalidami dan penentuan rasio kapur semen secara *batch* menggunakan *jar test*. Selanjutnya dilakukan pembuatan media dari semen yang digunakan dalam proses *color tracer test* sedangkan media kapur semen (sesuai penentuan rasio penelitian pendahuluan) digunakan untuk penelitian utama secara kontinyu. Operasional reaktor dilakukan berdasarkan variasi waktu operasional (10 jam, 12 jam, 14 jam) dan diameter media (1 cm; 1,5 cm; 2 cm). Sampel diambil saat awal sebelum air berkontak dengan media kapur semen, 0 jam pengendapan, 1 jam pengendapan, 2 jam pengendapan, 3 jam pengendapan, dan 4 jam pengendapan. Parameter yang digunakan dalam penelitian pendahuluan dan utama adalah surfaktan, fosfat, TSS (*Total Suspended Solid*), dan pH. Kemudian hasil analisis akan diplotkan pada grafik untuk ditentukan reduksi surfaktan dan fosfat paling besar. Setelah itu, didapatkan pengaruh waktu operasional dan luas permukaan media kapur semen terhadap penurunan konsentrasi surfaktan dan fosfat serta peningkatan TSS dan pH menggunakan uji statistik ANOVA.

Karakterisasi awal air Saluran Kalidami mengandung surfaktan sebesar 6,35 mg/L; fosfat sebesar 2,68 mg/L; TSS sebesar 16 mg/L; pH 7,43. Pada penelitian secara *batch* didapatkan rasio kapur semen 6:1 yang dapat mereduksi surfaktan dan fosfat paling besar yaitu masing-masing 94% dan 91%. Pada penelitian secara kontinyu didapatkan media kapur semen 6:1 dengan diameter 1 cm dapat mereduksi surfaktan dan fosfat air Saluran Kalidami paling besar yaitu 93% dan 99,3% serta terjadi peningkatan TSS sebesar 392% dan pH sebesar 71%. Luas permukaan media kapur semen dan waktu operasional berpengaruh terhadap penurunan surfaktan dan peningkatan TSS, namun waktu operasional tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan fosfat dan peningkatan pH. Luas permukaan media kapur semen berpengaruh terhadap penurunan fosfat dan peningkatan pH.

Kata kunci: Fosfat, Kapur, Saluran Kalidami, Semen, dan Surfaktan

REMOVAL OF SURFACTANTS AND PHOSPHATE IN KALIDAMI CHANNEL WATER USING LIME-CEMENT MEDIA BY PRECIPITATION AND SEDIMENTATION PROCESS

Name : Theresia Angela Gunarta
Registered Number : 03211540000103
Departement : Teknik Lingkungan
Advisor : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc.

ABSTRACT

Greywater of domestic wastewater discharged directly into the drainage causes environmental pollution. This is because greywater is a source of surfactants and phosphates. The Kalidami Surabaya Channel is a water body contaminated by greywater. Lime is an alkaline earth metal which can precipitate surfactants and phosphates. The purpose of this study is to determine the efficiency of surfactant and phosphate removal using lime cement media as well as to analyze the effect of detention time and artificial media surface area in the reactor on surfactant and phosphate removal.

The study began with the characterization of Kalidami Channel water and determination of the ratio of lime cement in batches using a jar test. Afterwards, the media, which was made from cement, was used in the color tracer test process, while the lime cement media (with a pre-determined ratio) was used in the main study continuously. The operation of the reactor is based on variations in operational time (10 hours, 12 hours, 14 hours) and media diameter (1 cm; 1,5 cm; 2 cm). Samples were taken before the water came into contact with cement lime media, then at sedimentation times of 0, 1, 2, 3, and 4 hours. The parameters analyzed in the preliminary and main studies are surfactant, phosphate, TSS (Total Suspended Solid), and pH. The results of the analysis are then plotted on a graph to determine the optimum reduction of surfactant and phosphate. Afterwards, the effect of system detention time and the surface area of the lime cement media on the decrease in surfactant and phosphate concentrations and increase in TSS and pH were obtained using ANOVA statistical test.

The initial characterization of Kalidami Channel water contained a surfactant of 6.35 mg / L; phosphate of 2.68 mg / L; TSS of 16 mg / L; pH 7.43. In a batch study it was found that the ratio of cement lime was 6: 1 which reduced the highest surfactant and phosphate, which were 94% and 91% respectively. In a continuous study, 6: 1 cement lime media with a diameter of 1 cm and operational time of 14 hours can reduce the Kalidami Channel water surfactant and phosphate best, namely 93% and 99.3%. While the increase in TSS and pH is the smallest when Kalidami Channel water is in contact for 10 hours, TSS is 68 mg / L to 140 mg / L and pH is from 7.6 to 12.6. The surface area of cement lime media and operational time affected the decrease of surfactant and increase in TSS, but the operational time did not significantly affect the decrease in phosphate and increase in pH. The surface area of the cement lime media has an effect on the reduction of phosphate and an increase in pH.

Key words : Cement, Kalidami Channel, Lime, Phosphate, and Surfactant

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis hadirkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Penurunan Surfaktan dan Fosfat Air Saluran Kalidami Menggunakan Media Kapur Semen dengan Proses Presipitasi”. Tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M. Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir yang memberikan ilmu dan saran dengan sabar kepada penulis serta Bapak Welly Herumurti, ST., M.Sc atas pendapat dan saran yang beliau berikan selama proses penelitian penulis.
2. Bapak Welly Herumurti, ST., M.Sc., Ibu Harmin Sulistyning Titah, ST., MT., PhD., dan Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD. Selaku dosen pengarah yang telah memberikan banyak masukan untuk kebaikan penulis.
3. Pak Hadi dan Pak Ashari selaku laboran Teknik Pengolahan Air atas kesediaan membantu penelitian penulis di laboratorium.
4. Teman satu dosen pembimbing tugas akhir yaitu Farah, Rahma, Azary, dan lin yang telah berjuang bersama hingga tugas akhir ini selesai.
5. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2015 serta adik-adik angkatan 2016 dan 2018 yang tidak dapat disebutkan di sini, terima kasih atas segala dukungannya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada papa, mama, dan kakak yang sudah memberikan kasih sayang dan kesabaran kepada penulis dari kecil hingga sekarang, bahkan ikut membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini. Terima kasih atas segala semangat dan doa yang terus diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang bisa disampaikan kepada penulis. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca atau penulis lain di masa yang akan datang.

Surabaya, Juni 2019
Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Air Limbah Domestik	5
2.2 Karakteristik <i>Grey Water</i>	6
2.3 Tipe Filter	7
2.4 Presipitasi Kimia	7
2.5 Sedimentasi.....	8
2.6 Kapur.....	9
2.7 Semen	9
2.8 Deterjen.....	10
2.9 Penelitian Terdahulu.....	11
2.10 Surfaktan	13
2.11 Fosfat	14
2.12 TSS	14
2.13 Reaksi Kimia.....	15
2.14 Baku Mutu	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1 Umum.....	17

3.2	Kerangka Penelitian	17
3.3	Ide Penelitian	19
3.4	Studi Literatur.....	19
3.5	Penelitian Pendahuluan	19
3.6	Persiapan Penelitian Utama	21
3.7	Penelitian Utama.....	25
3.8	Analisis Data dan Pembahasan.....	31
3.9	Kesimpulan dan Saran	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Penelitian Pendahuluan	33
4.2	Persiapan Penelitian Utama	45
4.3	Penelitian Utama.....	50
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA.....		65
LAMPIRAN I		71
LAMPIRAN 2		74
LAMPIRAN 3		85
BIODATA PENULIS.....		101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Kerangka Penelitian.....	18
Gambar 3.2	Pengambilan Sampel Saluran Kalidami.....	19
Gambar 3.3	Lokasi Pengambilan Sampel.....	20
Gambar 3.4	Media Artifisial	24
Gambar 3.5	Sketsa Proses Penelitian.....	27
Gambar 4.1	Media Kapur Semen Penelitian Pendahuluan ...	35
Gambar 4.2	Proses Jar Test Saat Waktu Kontak 30 Menit	36
Gambar 4.3	Proses Jar Test Saat Waktu Kontak 90 Menit	36
Gambar 4.4	Hasil Sedimentasi Waktu Kontak 120 Menit	37
Gambar 4.4	Penurunan Surfaktan Air Saluran Kalidami dengan Proses <i>Batch</i>	38
Gambar 4.5	Penurunan Fosfat Air Saluran Kalidami dengan Proses <i>Batch</i>	39
Gambar 4.6	Perubahan Konsentrasi TSS Air Saluran Kalidami dengan Proses <i>Batch</i>	41
Gambar 4.7	Perubahan pH Air Saluran Kalidami dengan Proses <i>Batch</i>	42
Gambar 4.8	Reduksi Surfaktan Air Saluran Kalidami dengan Proses <i>Batch</i>	43
Gambar 4.9	Reduksi Fosfat Air Saluran Kalidami dengan Proses <i>Batch</i>	43
Gambar 4.10	Perubahan TSS Air Saluran Kalidami dengan Proses <i>Batch</i>	44
Gambar 4.11	Perubahan pH Air Saluran Kalidami dengan Proses <i>Batch</i>	45
Gambar 4.12	Pembuatan Media Semen	46
Gambar 4.13	Media Kapur Semen 6:1	47
Gambar 4.14	Color Tracer Test	49
Gambar 4.15	Operasional Reaktor	51
Gambar 4.16	Reduksi Surfaktan air Kalidami Secara Kontinyu	53

Gambar 4.17 Reduksi Fosfat air Kalidami Secara Kontinyu	55
Gambar 4.18 Perubahan TSS Air Kalidami Secara Kontinyu...	56
Gambar 4.19 Perubahan pH Air Kalidami Secara Kontinyu	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	12
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Saluran Kalidami	15
Tabel 3.1 Hasil Analisis Sampel Saluran Kalidami.....	20
Tabel 3.2 Peralatan yang Digunakan.....	21
Tabel 3.3 Jumlah Sampel Tiga Reaktor.....	28
Tabel 3.4 Kriteria Desain Filter Aerob.....	29
Tabel 4.1 Karakteristik Awal Air Saluran Kalidami	33
Tabel 4.2 Kebutuhan Kapur dan Semen Penelitian	
Pendahuluan	34
Tabel 4.3 Konsentrasi TSS Sampel Awal	56
Tabel 4.4 Konsentrasi pH Sampel Awal	57
Tabel 4.5 Konsentrasi pH Sampel Awal	59
Tabel 4.6 Uji ANOVA Surfaktan.....	60
Tabel 4.7 Uji ANOVA Surfaktan.....	61
Tabel 4.8 Uji ANOVA Fosfat.....	61
Tabel 4.9 Uji ANOVA TSS.....	61
Tabel 4.10 Uji ANOVA pH	61

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran badan air dapat disebabkan oleh kegiatan manusia, baik kegiatan industri maupun kegiatan rumah tangga (Permadi dan Murni, 2013). Menurut Badan Lingkungan Hidup (2010), kualitas lingkungan yang menurun disebabkan oleh limbah domestik sebesar 60% dan limbah industri sebesar 40%. Besarnya peranan limbah domestik dalam pencemaran disebabkan oleh pertumbuhan jumlah penduduk yang disertai dengan aktivitas sehari-hari. Kebutuhan air bersih yang semakin meningkat berdampak pada peningkatan beban pencemar dalam badan air (Wurochekke dkk, 2016).

Masih banyak masyarakat yang membuang air limbah domestik *grey water* menuju drainase. Apabila hal ini dilakukan secara terus menerus akan mengakibatkan endapan menumpuk dan air pada saluran drainase meluber (Damayanti dan Purwanti, 2016). Air limbah domestik yang masuk ke dalam drainase akan mengalir menuju saluran, boezem, maupun badan air lainnya. Saluran Kalidami merupakan salah satu badan air di Kota Surabaya yang saat ini tercemar oleh *grey water*. Selain itu menurut Andreadakis dkk (2015), *grey water* yang dihasilkan dari air bekas cuci dan wastafel dapur merupakan sumber surfaktan yang mengandung fosfor. Sehingga air limbah domestik *grey water* tidak hanya mengandung surfaktan, tetapi juga fosfat.

Surfaktan yang terdapat dalam deterjen sangat sulit diurai secara biologis sehingga badan air akan dipenuhi oleh busa, turunnya tegangan permukaan air, pemecahan kembali dari gumpalan (*flock*) koloid, serta pengemulsian lemak dan minyak (Schleheck dkk, 2000). Sedangkan fosfor dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan eutrofikasi dan kontaminasi air tanah (Dalahmeh, 2012). Menurut Rosariawari (2008), fosfat merupakan nutrisi yang jika jumlahnya berlebih akan menurunkan *Dissolved Oxygen* (DO) dan mengganggu ekosistem perairan akibat terjadinya eutrofikasi.

Deterjen yang terdapat dalam *grey water* menyebabkan pencemaran pada badan air. Air yang melewati rumah pompa akan mengalami turbulensi yang menyebabkan Saluran Kalidami dipenuhi busa (Wulandari dan Soedjono, 2017). Oleh karena itu, diperlukan pengolahan air Saluran Kalidami yang tercemar *grey water* untuk menurunkan konsentrasi surfaktan dan fosfat. Pengolahan limbah terdiri dari tiga metode yaitu, proses pengolahan secara fisik, kimia, dan biologis. Pemilihan metode disesuaikan dengan karakteristik polutan sehingga pengolahan bisa dilakukan dengan menggunakan satu atau mengkombinasikan lebih dari satu metode (Adany, 2017). Deterjen dapat diendapkan logam golongan transisi dan alkali tanah (Kurniati, 2009), salah satunya adalah kalsium.

Salah satu proses pengolahan fisik kimia yang dapat digunakan adalah media kapur semen. Menurut Suci (2018), kapur yang digunakan dalam penelitian berbentuk media kapur semen dikarenakan kemampuan *slow release* sehingga dapat mereduksi surfaktan secara optimum. Berdasarkan penelitian Suci (2018), media artifisial kapur semen 6:1 dapat menurunkan surfaktan pada limbah *laundry* sebesar 88,65% dengan waktu detensi dalam reaktor sebesar 8 jam. Namun, dengan variasi waktu detensi dan jenis media yang digunakan dalam penelitian sebelumnya, efisiensi penurunan konsentrasi masih terus meningkat.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan penambahan lama waktu detensi dalam sistem untuk menentukan pengaruh waktu detensi terhadap penurunan surfaktan dan fosfat serta perubahan TSS dan pH. Selain itu, dalam penelitian ini akan dilakukan variasi diameter media artifisial untuk menentukan pengaruh luas permukaan media artifisial terhadap penurunan surfaktan dan fosfat serta perubahan TSS dan pH. Namun, kekurangan dari penggunaan media kapur semen adalah residu TSS yang tinggi sehingga waktu pengendapan akan diperlama. Melihat dari permasalahan yang ada, maka dilakukan penelitian mengenai "Penurunan Surfaktan dan

Fosfat Air Saluran Kalidami Menggunakan Media Kapur Semen dengan Proses Presipitasi Sedimentasi”.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang timbul dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana efisiensi penurunan surfaktan dan fosfat serta peningkatan TSS dan pH air Saluran Kalidami menggunakan media kapur semen?
2. Bagaimana pengaruh waktu operasional dan luas permukaan media artifisial terhadap penurunan surfaktan dan fosfat serta peningkatan TSS dan pH air Saluran Kalidami?

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Menentukan efisiensi penurunan surfaktan dan fosfat serta peningkatan TSS dan pH air Saluran Kalidami menggunakan media kapur semen.
2. Menentukan pengaruh waktu operasional dan luas permukaan media artifisial terhadap penurunan surfaktan dan fosfat serta peningkatan TSS dan pH air Saluran Kalidami.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Waktu penelitian dilakukan selama bulan Februari – Mei 2019.
2. Sampel yang digunakan adalah air Saluran Kalidami yang tercemar *grey water*.
3. Media yang digunakan dalam penelitian utama adalah media kapur semen dengan rasio tertentu yang dapat menurunkan konsentrasi surfaktan, fosfat, TSS, dan pH paling besar pada penelitian pendahuluan secara *batch*.
4. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 - Waktu operasional yang digunakan yaitu 10 jam yang terdiri dari 6 jam waktu detensi dalam reaktor dan 4 jam waktu pengendapan, 12 jam yang terdiri dari 8 jam waktu detensi dalam reaktor dan 4 jam waktu pengendapan, serta 14 jam yang terdiri dari 10 jam

waktu detensi dalam reaktor dan 4 jam waktu pengendapan.

- Diameter media artifisial kapur semen yang digunakan yaitu 1 cm; 1,5 cm; 2 cm.
5. Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah surfaktan, fosfat, TSS, dan pH.
 6. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
 7. Tempat operasional dilakukan di rumah dan tempat pengujian parameter dilakukan di Laboratorium Teknik Pengolahan Air Teknik Lingkungan ITS.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Menjadi suatu alternatif pengolahan air Saluran Kalidami dalam menurunkan surfaktan, fosfat, TSS, dan pH.
2. Memberikan data mengenai waktu detensi dalam sistem, besar diameter media artifisial kapur semen, dan waktu pengendapan untuk menurunkan surfaktan, fosfat, TSS, dan pH.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah Domestik

Menurut Nadayil *dkk* (2015), secara umum air limbah domestik memiliki karakteristik TSS 25-183 mg/L, COD 100-700 mg/L, dan BOD sebesar 47-466 mg/L.

Menurut Puji dan Rahmi (2012), karakteristik air limbah cair domestik adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik Fisik
 - a. Padatan (*solid*)

Limbah cair mengandung zat padat baik yang berbentuk material kasar sampai dengan koloid.
 - b. Bau (*odor*)

Bau yang terdapat dalam air limbah disebabkan oleh gas hasil pembusukan zat organik, gas terlarut, dan bahan volatile.
 - c. Warna (*color*)

Air limbah yang baru biasanya berwarna abu-abu.
 - d. Temperatur
Umumnya temperature air limbah lebih tinggi dari pada temperature udara.
 - e. Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan terjadi karena adanya koloid, zat organik, jasad renik, lumpur, tanah, dan benda lain yang melayang.
2. Karakteristik Kimia
 - a. Parameter Organik
Chemical Oxygen Demand (COD)

Analisis COD digunakan untuk menentukan banyaknya oksigen yang diperlukan dalam mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. Pengoksidasi yang digunakan adalah $K_2Cr_2O_7$ yang berfungsi sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*).
 - b. Parameter Anorganik
 - 1) pH
Air limbah dengan konsentrasi tidak netral akan menyulitkan proses biologis dalam badan air.

2) Phospor (P)

Phospor merupakan unsur yang berfungsi sebagai nutrient dan perangsang pertumbuhan.

3. Karakteristik Biologi

Umumnya limbah cair domestik mengandung mikroorganisme baik yang berperan penting dalam proses biologis maupun pathogen.

Air limbah domestik yang langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Filliazati dkk, 2013).

2.2 Karakteristik Grey Water

Grey water merupakan limbah cair domestik yang berasal dari air bekas cucian dapur, pakaian, dan mandi (Almeida dkk, 2013). Menurut Morel dan Diener (2006), kontaminan dalam *grey water* bergantung pada sumber *grey water*. Air buangan yang berasal dari kamar mandi tidak terlalu banyak mengandung *suspended solid* namun banyak mengandung pathogen dan bahan kimia yang berasal dari sabun, pasta gigi, dan shampoo. Air buangan yang berasal dari dapur mengandung banyak nutrient dan *suspended solid* akibat pemakaian sabun cuci piring, residu makanan, minyak dan lemak. Sedangkan air buangan yang berasal dari cuci pakaian mengandung banyak bahan kimia yang berasal dari deterjen yaitu surfaktan dan nutrient (fosfat).

Grey water mengandung solid, bahan organik, nitrogen, fosfor, dan pathogen dengan jumlah yang bervariasi (Gross dkk, 2015) dan konsentrasi ini bergantung pada jumlah air bersih yang digunakan (Morel dan Diener, 2006). Surfaktan yang terkandung dalam *grey water* merupakan polutan yang mengganggu atau berdampak pada tanah dan tumbuhan (Travis dkk, 2010).

Menurut Jefferson dkk (2004), karakteristik utama *grey water* yaitu sebagai berikut:

1. Karakteristik bahan organik yang bervariasi
2. Ketidakseimbangan antara makronutrien (nitrogen) dan mikronutrien (fosfor)
3. Umumnya partikel berukuran 10-100 μm .

2.3 Tipe Filter

Menurut Masduqi dan Assomadi (2016), berdasarkan sistem kontrol kecepatannya, filter dibedakan menjadi:

1. *Constant rate*
Debit hasil proses terus konstan dan memberikan kebebasan naiknya level muka air di atas media filter.
2. *Declining rate / constant head*
Level muka air di atas filter dirancang konstan.

Berdasarkan sistem pengalirannya, filter dibedakan menjadi:

1. *Gravity filter*, yaitu filter yang dioperasikan secara gravitasi
2. *Pressure filter*, yaitu filter yang dioperasikan menggunakan tekanan

Berdasarkan arah alirannya, filter dibedakan menjadi:

1. Filter aliran *down flow*, yaitu arah aliran air yang masuk ke dalam filter dari atas menuju bawah
2. Filter aliran *up flow*, yaitu arah aliran air yang masuk ke dalam filter dari bawah menuju atas
3. Filter aliran *horizontal flow*, yaitu arah aliran air yang masuk ke dalam filter adalah horizontal

2.4 Presipitasi Kimia

Proses yang terjadi di dalam reaktor adalah presipitasi. Menurut Masduqi dan Assomadi (2016), presipitasi kimia adalah suatu proses pembentukan endapan atau presipitat dari bahan-bahan terlarut maupun tersuspensi dalam air dengan penambahan suatu zat kimia. Tujuan dari pembentukan presipitat adalah memudahkan polutan untuk mengendap sehingga konsentrasi polutan dalam air menjadi berkurang. Dalam pengolahan air, bahan kimia yang digunakan sebagai presipitat bergantung pada bahan terlarut maupun tersuspensi yang ingin diendapkan. Pada penelitian ini akan digunakan media kapur semen.

2.5 Sedimentasi

Menurut Day dan Undewood (1986), pengendapan sebuah partikel (bulat) harus memiliki diameter lebih besar dari 10^{-6} m. Sehingga proses dari suatu ion (10^{-10} m) yang ingin diendapkan akan melewati fase koloid yang berukuran 10^{-6} sampai dengan 10^{-9} m. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengendapan yaitu sebagai berikut:

1. Temperatur
Kelarutan garam akan meningkat bila temperaturnya dinaikkan.
2. Pengaruh ion sekutu
Suatu endapan umumnya lebih dapat larut dalam air murni dibandingkan dalam larutan yang mengandung salah satu ion endapan.
3. Pengaruh aktifitas
Kelarutan meningkat dalam larutan ion yang tidak bereaksi secara kimia dengan ion-ion endapan. Keefektifan ion dalam menjaga kondisi keseimbangan akan berkurang dan endapan tambahan akan larut untuk mengembalikan aktifitas.
4. Pengaruh pH
Kelarutan garam asam lemah bergantung pada pH larutan.
5. Pengaruh kompleks
Konsentrasi zat yang membentuk senyawa kompleks dengan kation garam akan mempengaruhi kelarutan garam.

Menurut Masduqi dan Assomadi (2016), sedimentasi merupakan pemisahan antara solid dan liquid secara gravitasi untuk mengendapkan *suspended solid*. Terdapat 4 tipe sedimentasi berdasarkan jenis dan kemampuan partikel untuk bereaksi, yaitu:

1. *Settling* tipe I merupakan proses pengendapan tanpa interaksi antar partikel diskret.
2. *Settling* tipe II merupakan proses pengendapan partikel flokulen dimana terjadi interaksi antar partikel yang menyebabkan membesarnya ukuran flokulen dan meningkatnya kecepatan pengendapan.

3. *Settling* tipe III merupakan proses pengendapan lumpur biologis dimana gaya antar partikel saling menahan partikel lain untuk mengendap.
4. *Settling* tipe IV merupakan pemampatan partikel akibat berat partikel.

2.6 Kapur

Menurut Tarmiji (1986), cara kerja kapur dalam pengolahan air limbah adalah dengan mereaksikan alkali bikarbonat dan mengatur pH air sehingga terjadi pengendapan. Menurut Budi (2006), kapur terdiri atas dua bentuk yaitu CaO dan Ca(OH)₂. CaO memiliki sifat mudah larut dalam air membentuk Ca(OH)₂. Karakteristik fisik dan kimia *hydrated lime* (Ca(OH)₂) adalah sebagai berikut:

1. Berbentuk kristal atau bubuk
2. Umumnya berwarna putih dan apabila *quick lime* (CaO) bereaksi dengan air akan terbentuk Ca(OH)₂ berwarna abu-abu.
3. Memiliki tingkat kepadatan sekitar 2,3 g/gm.
4. Memiliki tingkat kelarutan sekitar 1,85 g/L pada suhu 0°C sampai 0,7 g/L pada suhu 100°C.
5. Mampu menetralisasi asam.

2.7 Semen

Menurut Triyulianingsih dkk (2012), pada saat semen dicampur dengan air, akan terjadi reaksi antara komponen semen dengan air membentuk beberapa macam senyawa kimia (C₃S, C₂S, C₃A dan C₄AF).

1. Trikalsium Aluminat (3 CaO.Al₂O₃) disingkat C₃A
Senyawa ini bereaksi sangat cepat secara isotermik dan memberikan kekuatan awal yang sangat cepat pada 24 jam pertama. C₃A ini mempengaruhi kuat tekan sampai tingkat tertentu dan semakin kecil pada umur 1 atau 2 tahun.
2. Trikalsium Silikat (3 CaO.SiO₂) disingkat C₃S
C₃S akan cepat bereaksi dengan air dan menghasilkan panas yang akan mempengaruhi kecepatan pengerasan semen sebelum hari ke 14. Jika semen mengandung lebih banyak C₃S, maka akan terbentuk semen dengan

panas hidrasi dan kuat tekan awal yang tinggi. C_3S memberikan kekuatan besar pada fase awal dan memberi efek penambahan kekuatan yang kontinu pada waktu berikutnya.

3. Dikalsium Silikat ($2CaO.SiO_2$) disingkat C_2S
 C_2S mengalami pelepasan panas yang cenderung lambat. Jika semen mengandung lebih banyak C_2S , maka bangunan akan lebih tahan jika terkena zat kimia, susut akibat pengaruh panas, serta memberikan pengaruh yang besar pada kuat tekan di umur bangunan yang lebih panjang
4. Tetrakalsium Aluminoferrit ($4CaO. Al_2O_3. Fe_2O_3$) disingkat C_4AF
Senyawa ini kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen sehingga C_4AF hanya memberi warna pada semen.

2.8 Deterjen

Deterjen merupakan salah satu produk komersial yang digunakan untuk menghilangkan kotoran pada pencucian pakaian (Kirk dan Othmer, 1982). Menurut Kirk dan Othmer (1982), deterjen tersusun atas tiga komponen utama yaitu surfaktan (bahan dasar deterjen) sebesar 20-30%, builders (senyawa fosfat) sebesar 70-80% dan bahan aditif (pemutih dan pewangi) sebesar 2-8%.

Menurut Purnama, bahan – bahan yang umum terkandung pada deterjen adalah:

- a. Surfaktan (surface active agent), yaitu zat aktif permukaan yang mempunyai ujung *hydrophile* (suka air) dan *hydrophobe* (suka lemak). Surfaktan berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan.

- b. Builder (Permbentuk)
Builder dalam deterjen berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menonaktifkan mineral penyebab kesadahan air. Contoh-contoh builder yaitu Phosphates (Sodium Tri Poly Phosphate/STPP), Asetat (Nitril Tri Acetate/NTA, Ethylene Diamine Tetra Acetate/EDTA), Silikat (Zeolit), dan Sitrat (asam sitrat).
- c. Filler (pengisi) merupakan bahan tambahan deterjen yang tidak mempunyai kemampuan meningkatkan daya cuci, tetapi menambah kuantitas atau dapat memadatkan sehingga dapat menurunkan harga. Salah satu contoh filler adalah sodium sulfate.
- d. Additives merupakan bahan suplemen/ tambahan untuk membuat produk lebih menarik, Contohnya adalah pewangi, pelarut, pemutih, pewarna dan sebagainya yang tidak berhubungan langsung dengan daya cuci deterjen. Enzyme, borax, sodium chloride, Carboxy Methyl Cellulose (CMC) merupakan contoh additives yang dipakai agar kotoran yang telah dibawa oleh deterjen ke dalam larutan tidak kembali ke bahan cucian pada waktu mencuci (anti Redeposisi). Wangi – wangan atau parfum dipakai agar cucian berbau harum, sedangkan air sebagai bahan pengikat.

Menurut Santi (2009), efek yang ditimbulkan oleh deterjen dalam air yaitu sebagai berikut:

1. Terbentuknya film sehingga tingkat transfer oksigen ke dalam air menurun
2. Konsentrasi yang melebihi baku mutu dapat menimbulkan gangguan kesehatan masyarakat
3. Kombinasi antara polifosfat dengan surfaktan dalam badan air menyebabkan tingginya kandungan fosfat yang dapat menimbulkan eutrofikasi dan penimbunan warna pada air

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu akan dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini. Penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Penelitian Terdahulu	Sumber
1	<p>Pada penelitian ini dilakukan penurunan konsentrasi deterjen dengan cara mengendapkan menggunakan kalsium hidroksida. Sampel sebanyak 500 mL dimasukkan ke dalam 6 <i>beaker glass</i> dan dilakukan <i>jar test</i>. Sebelum itu, dilakukan pengukuran pH dan suhu sampel awal. Pada masing-masing sampel dalam <i>beaker glass</i> diberi variasi dosis Ca(OH)_2 (campuran air dengan masing-masing dosis CaO yaitu 3, 6, 9, 12, dan 15 g). Kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 80 rpm yang memiliki variasi waktu pengendapan yaitu selama 15, 30, 45, 60, dan 75 menit. Selanjutnya, campuran dimasukkan ke dalam <i>Imhoff cone</i> untuk diukur jumlah pengendapannya. Parameter pH, kadar deterjen, dan suhu akan diukur pada akhir penelitian.</p>	Kurniati (2009)
2	<p>Pada penelitian ini dilakukan penurunan konsentrasi COD dan deterjen dengan menggunakan oksidator H_2O_2 dan KMnO_4 dengan proses koagulasi flokulasi. Sebelumnya dilakukan <i>jar test</i> untuk menentukan kecepatan dan lama pengadukan optimum. Lalu dengan kondisi pH 3,7, dan 9 dilakukan variasi penambahan dosis oksidator H_2O_2 yaitu 0,1; 0,2; 0,3 mL/L dan KMnO_4 yaitu 0,6; 0,65; 0,7 mg/L. Kecepatan pengadukan untuk oksidator hidrogen peroksida sebesar 70 rpm selama 5 menit dan untuk oksidator kalium permanganat sebesar 90 rpm selama 30 menit. Karakteristik surfaktan air Saluran Kalidami awal sebelum dilakukan proses <i>jar test</i> berkisar antara 5,95 sampai dengan 12,42 mg/L dengan kondisi tidak hujan satu hari sebelumnya dan pompa dinyalakan. Penggunaan oksidator hidrogen peroksida sebesar 0,1 mL dengan pH netral dapat menurunkan COD sebesar 53%, LAS sebesar 39%, dan ABS sebesar 33% secara optimum. Sedangkan penggunaan oksidator kalium permanganat sebesar 0,6 mL dengan pH netral dapat menurunkan COD sebesar 58%, LAS sebesar 53%, dan ABS sebesar 45%.</p>	Wulandari dan Soedjono (2017)

No	Penelitian Terdahulu	Sumber
3	<p>Pada penelitian ini dilakukan uji penetapan dosis kapur semen terlebih dahulu dengan dosis 1:1; 2:1; 3:1; 4:1; 5:1; dan 6:1. Setelah itu, akan dibuat media artifisial kapur semen dengan dosis yang paling tepat untuk dialiri limbah <i>laundry</i> dalam suatu reaktor. Variabel yang digunakan dalam penelitian utama ini adalah jenis media (kapur semen, batu kapur, dan tutup botol) dan debit yang masuk ke dalam reaktor. Kemudian dilakukan analisis surfaktan, COD, pH, dan TSS.</p> <p>Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah komposisi kapur semen yang paling baik yaitu 6:1 dengan persentase penurunan surfaktan sebesar 88,65%; efektivitas media batu kapur dalam mereduksi surfaktan mencapai 49,76% dan COD sebesar 72%; efektivitas penurunan surfaktan dan COD media kapur semen lebih baik dibandingkan media batu kapur. Namun kekurangan dalam penelitian ini adalah TSS dan pH <i>effluent</i> yang masih belum memenuhi baku mutu.</p>	Suci (2018)

2.10 Surfaktan

Menurut Cullum (1994), surfaktan dapat diklasifikasikan berdasarkan bagian hidrofilknya:

- 1) Anionik
Surfaktan yang memiliki alkil anion (muatan negative). Umumnya berupa grup sulfat dan sulfonate. Misalnya Alkyl Benzene Sulfonate/ ABS, Linier Alkylbenzene Sulfonate/LAS, dan Alpha Olefin Sulfonate/AOS
- 2) Kationik
Surfaktan yang memiliki alkil kation (muatan positif) yang biasanya berbentuk garam ammonium. Contohnya adalah trimethyl ammonium kloride.
- 3) Non ionik
Surfaktan yang alkilnya tidak memiliki muatan dan umumnya berasal dari turunan polihidroksi atau polietoksi. Misalnya nonyl phenol polyethoxyle.

4) Amphoterik/ Zwitterionik

Surfaktan yang alkilnya bermuatan positif dan negative. Contohnya adalah acyl ethylenediamines, ethoksilat *fatty alcohol*, dan ethoksilat dialkanolamides.

Sedangkan menurut Clint (1992), surfaktan dapat diklasifikasikan berdasarkan bagian hidrofobiknya yaitu alkyl, linier alkil benzene, alkylaryl (Alkil Phenol), α -Olefin, dan poly (Propylene Oxide).

Kebanyakan deterjen yang digunakan di Indonesia mengandung ABS. Penggunaan ABS sebagai bahan aktif deterjen dikarenakan harganya yang relatif lebih murah dan kemampuannya yang tinggi dalam membersihkan kotoran. Deterjen yang mengandung ABS ternyata mempunyai kekurangan, yaitu bentuknya tetap stabil dalam lingkungan sesuai bentuk aslinya, sehingga apabila terakumulasi dalam jumlah yang banyak akan merusak keindahan lingkungan (Purnomo, 1992).

2.11 Fosfat

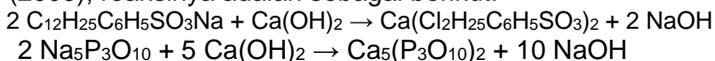
Fosfat yang berada pada air alam maupun air limbah dapat berbentuk senyawa ortofosfat, polifosfat, dan fosfat organik. Senyawa fosfat terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi, maupun terikat di dalam mikroorganisme dalam air. Fosfat terlarut adalah salah satu nutrisi yang dapat menyebabkan eutrofikasi (Majid dkk, 2017). Fosfat dapat memicu pertumbuhan alga yang menyebabkan sulitnya sinar matahari untuk masuk ke dalam badan air. Hal ini menyebabkan terganggunya proses fotosintesis. Selain itu, alga dapat menyebabkan kurangnya oksigen bagi mahluk hidup dalam ekosistem air dan memicu tersumbatnya saluran air pada badan air permukaan (Ndani, 2016).

2.12 TSS

Total Suspended Solid (TSS) partikel tersuspensi yang berukuran diameter $> 1 \mu\text{m}$ dan tertahan pada saringan *miliopore* dengan diameter pori $0,45 \mu\text{m}$. TSS terdiri dari pasir, lumpur, serta jasad-jasad renik. Penyebab TSS di perairan yang utama adalah kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. (Effendi, 2000).

2.13 Reaksi Kimia

Penyusun utama deterjen yang umum digunakan di Indonesia adalah senyawa Deodecyl Benzene Sulfonat (DBS) dalam bentuk Natrium Deodecyl Benzene Sulfonat (NaDBS) dan Natrium Tri Polyposphat (STPP) yang bersifat nonbiodegradable, sehingga akan mencemari lingkungan perairan. Senyawa NaDBS dan STPP dapat membentuk endapan dengan logam - logam alkali tanah dan logam - logam transisi. Salah satu cara ialah dengan reaksi kimia dan hasilnya diendapkan (Kurniati, 2009). Menurut Kurniati (2009), reaksinya adalah sebagai berikut:



2.14 Baku Mutu

Baku mutu parameter uji air Saluran Kalidami akan mengacu pada Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004 Lampiran I Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Saluran Kalidami

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
TSS	mg/L	400
Surfaktan	mg/L	0,2
Fosfat	mg/L	1
pH	-	6 – 9

Sumber: Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3 METODE PENELITIAN

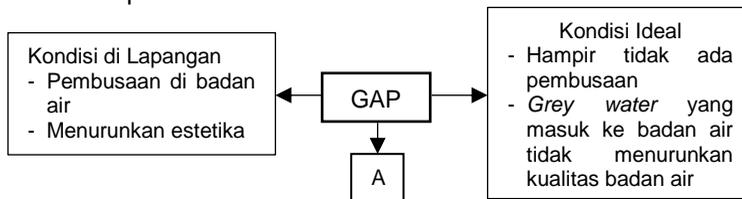
3.1 Umum

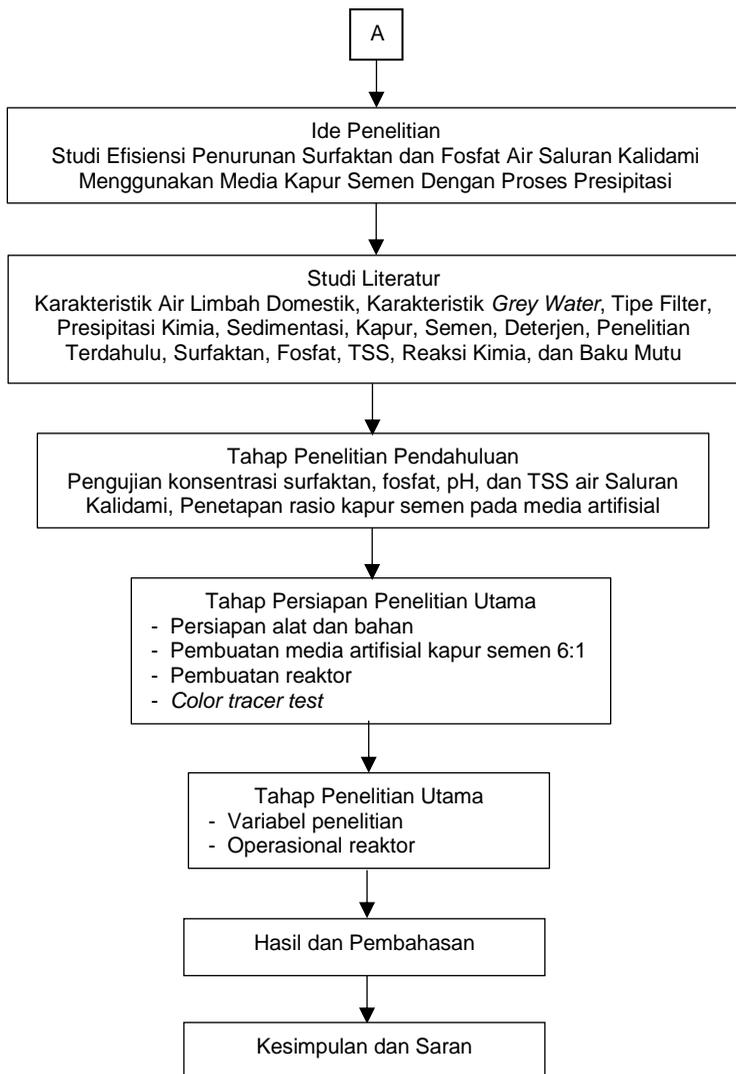
Penelitian ini bertujuan untuk mencari waktu operasional dan diameter media artifisial untuk menurunkan konsentrasi surfaktan dan fosfat air Saluran Kalidami paling besar. Media artifisial yang akan digunakan dalam penelitian ini berdasar pada penelitian Suci (2018) yaitu media kapur-semen. Media yang digunakan dalam penelitian terdahulu berukuran diameter 1 cm dengan tebal 1 cm sedangkan diameter 1,5 cm dan 2 cm berdasarkan penelitian Bujawati (2014). Kapur yang digunakan adalah CaO berbentuk *powder* yang dicampur dengan semen.

Jenis media yang digunakan dalam penelitian ini adalah media artifisial kapur-semen yang akan diuji terlebih dahulu rasio yang tepat dalam menurunkan surfaktan dan fosfat serta terjadi kenaikan TSS dan pH secara *batch*. *Effluent* proses secara kontinyu diuji konsentrasinya untuk mengetahui besar penurunan surfaktan dan fosfat serta peningkatan TSS dan pH berdasarkan waktu operasional dan diameter media artifisial. Parameter yang diuji adalah surfaktan, fosfat, TSS, dan pH.

3.2 Kerangka Penelitian

Ide penelitian ini berdasarkan kondisi eksisting yang sering ditemui di badan air dimana terjadi pembusaan dan terdapat nutrien *grey water* yang bisa menimbulkan eutrofikasi. Penelitian tentang “Penurunan Surfaktan dan Fosfat Air Saluran Kalidami Menggunakan Media Kapur Semen dengan Proses Presipitasi Sedimentasi” dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Ide Penelitian

Salah satu permasalahan lingkungan yang terjadi saat ini adalah air limbah domestik khususnya *grey water* masuk ke dalam drainase sehingga mencemari badan air. Saluran Kalidami Surabaya merupakan badan air yang tercemar *grey water*. Sedangkan *grey water* merupakan air limbah hasil aktivitas rumah tangga yang banyak mengandung surfaktan dan fosfat sehingga menyebabkan timbulnya busa di badan air serta menurunkan estetika. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan air Saluran Kalidami menggunakan pengolahan fisik kimia berupa sistem dengan media kapur semen untuk menurunkan surfaktan, fosfat, TSS, dan pH.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk menunjang penelitian dari berbagai sumber (buku, jurnal, prosiding seminar, internet, dan sebagainya) berupa karakteristik air limbah domestik, karakteristik *grey water*, filter, kapur, semen, deterjen, penelitian terdahulu, surfaktan, fosfat, reaksi kimia, dan baku mutu yang digunakan.

3.5 Penelitian Pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik air di Saluran Kalidami. Lokasi pengambilan sampel terletak pada koordinat 7°16'26,81" S dan 112°48'14,51" E yang dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Pengambilan Sampel Saluran Kalidami



Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel

Sumber: *Google Earth*, 2019

Sampel air Saluran Kalidami diambil pada hari Senin, 21 Januari 2019 pukul 10.30 WIB. Waktu pengambilan sampel didasarkan pada laju penggunaan air tertinggi dimana jam puncak terjadi pada pukul 07.00-08.00 WIB (Leeden dkk, 1990). Sehingga diperlukan waktu sekitar 2 sampai dengan 3 jam agar *grey water* masuk Saluran Kalidami.

Pada penelitian pendahuluan ini diambil sampel sebanyak 600 mL secara *grab sampling* sesuai SNI 6989.57:2008 yang dianalisis di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan ITS. Hasil analisis sampel dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Analisis Sampel Saluran Kalidami

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	Deterjen	mg/L LAS	1,36	Spektrofotometri
2	Fosfat	mg/L PO4-P	1,34	Spektrofotometri
3	TSS	mg/L	24	Gravimetri
4	pH	-	7,2	pH meter

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium

Setelah dibandingkan dengan baku mutu pada Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004, didapatkan bahwa sampel tidak memenuhi baku mutu untuk parameter deterjen (0,2 mg/L) dan fosfat (1 mg/L) dan memenuhi baku mutu untuk parameter TSS (400 mg/L) dan pH (6-9) sehingga diperlukan penurunan surfaktan dan fosfat.

Sebelum dilakukan penelitian utama, akan dilakukan penelitian pendahuluan secara *batch* menggunakan *jar test*

untuk menentukan rasio kapur semen yang akan dipakai sebagai media kapur semen dalam penelitian utama. Setelah dilakukan karakterisasi air Saluran Kalidami, sampel akan di *jar test* selama 2 jam (Suci, 2018) dengan kecepatan pengadukan 80 rpm (Kurniati, 2009). Waktu kontak sampel dengan variasi rasio media kapur semen (1:1 sampai dengan 6:1) adalah 120 menit. Sampel akan dianalisis setiap waktu kontak 30 menit sesuai dengan parameter uji (Suci, 2018) yang terlebih dahulu diendapkan selama 30 menit (Kurniati, 2009). Rasio media kapur semen dengan efisiensi penurunan surfaktan dan fosfat paling besar yang akan digunakan dalam penelitian utama.

3.6 Persiapan Penelitian Utama

3.6.1 Persiapan Alat dan Bahan Peralatan yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdapat dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Peralatan yang Digunakan

No	Alat	Kegunaan
1	Reaktor	Reaktor yang digunakan sebanyak 3 buah dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 70 cm. Operasional sistem dilakukan secara <i>continuous</i> .
2	Pompa	Digunakan untuk mengalirkan air menuju bak penampung
3	Timbangan analitik	Digunakan untuk menimbang kapur dan semen secara akurat
4	Valve	Digunakan untuk mengatur dan mengontrol aliran air
5	Pipa PVC	Digunakan untuk mengalirkan air menuju reaktor
6	Botol sampel	Digunakan untuk menyimpan sampel
7	Cetakan diameter 1 cm; 1,5 cm; 2 cm	Digunakan untuk mencetak media kapur semen dengan rasio yang sesuai dengan penetapan pada penelitian pendahuluan

No	Alat	Kegunaan
8	Spektrofotometer	Digunakan untuk mengukur absorbansi dengan panjang 650 nm (fosfat) dan 652 nm (MBAS)
9	Corong pemisah	Digunakan untuk memisahkan 2 fase dengan densitas yang berbeda
10	Pipet ukur	Digunakan untuk memindahkan larutan ke dalam suatu wadah dengan volume tertentu
11	Pipet tetes	Digunakan untuk memindahkan larutan ke dalam suatu wadah dengan volume yang sangat kecil
12	Propipet	Digunakan untuk membantu pipet menyedot larutan
13	Labu Pengencer	Digunakan untuk mengencerkan larutan sampai dengan volume tertentu
14	Bak pengendap	Digunakan untuk mengendapkan partikel setelah melewati reaktor
15	Cawan Petri	Digunakan sebagai wadah kertas saring saat analisis TSS
16	Desikator	Digunakan untuk menstabilkan suhu sampel sesuai dengan suhu ruangan
17	Tangki Penampung	Sebagai tempat penyimpanan sampel air Saluran Kalidami
18	Bak Penampung	Sebagai tempat penampung sebelum dialirkan menuju reaktor
19	Oven	Digunakan untuk menghilangkan kadar air dalam sampel dan mensterilkan peralatan
20	Vaccum Filter	Digunakan untuk menyaring sampel yang hasilnya berupa <i>suspended solid</i>
21	pH meter	Digunakan untuk mengukur pH sampel
22	Wadah/ drum 100 L	Digunakan sebagai wadah seluruh air sampel tiap <i>running</i>

Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Sampel air Saluran Kalidami
2. Kapur CaO (*powder*)
3. Semen

Analisis surfaktan:

4. Larutan standar LAS
5. Larutan pencuci
6. Larutan methylene blue
7. Asam sulfat
8. NaOH
9. Aquades
10. Kloroform
11. NaH₂PO₄
12. Indikator phenolphthalein (PP)
13. Natrium Lauril Sulfat

Analisis fosfat:

14. Ammonium molybdate
15. Larutan klorid timah

Standarisasi pH

16. Larutan pH 4
17. Larutan pH 7
18. Larutan pH 10

Analisis TSS

19. Kertas saring *whatman*

3.6.2 Pembuatan Media Kapur Semen

Pada tahap ini dilakukan pembuatan media artifisial kapur semen sesuai rasio yang telah ditetapkan pada penelitian pendahuluan. Air ditambahkan sebanyak 20-30% dari campuran kapur semen (*by weight*) lalu diaduk membentuk pasta semen. Menurut Suci (2018), pasta semen tidak boleh dibuat terlalu encer karena dapat membuat media artifisial pecah atau hancur. Adonan tersebut kemudian dicetak menggunakan mika yang dibentuk menjadi silinder menjadi media artifisial berdiameter 1 cm; 1,5 cm; 2 cm dengan tebal 1 cm. Media berbentuk tabung yang sudah dicetak akan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2 hari lalu dioven selama 24

jam untuk menghilangkan kadar air dalam media artifisial (Suci, 2018).

Berikut adalah estimasi jumlah media kapur semen yang diperlukan:

1. Diameter 1 cm (14 x 14 x 50 buah)
Tiap reaktor: 196 buah x 50 = 9800 buah media
Kebutuhan: 0,82 kg semen; 4,9 kg kapur; 1,225 L air
2. Diameter 1,5 cm (9 x 9 x 50 buah)
Tiap reaktor: 81 buah x 50 = 4050 buah media
Kebutuhan: 1,6 kg semen; 9,4 kg kapur; 3,74 L air
3. Diameter 2 cm (7 x 7 x 50 buah)
Tiap reaktor: 49 buah x 50 = 2450 buah media
Kebutuhan: 2,1 kg semen; 12,3 kg kapur; 4,7 L air

Jumlah media kapur semen diestimasi berdasarkan asumsi media kapur semen disusun rapat dengan posisi ditumpuk ke atas. Namun pada waktu operasional, media kapur semen akan disusun rapat secara *random* sehingga media akan dihitung ulang sesuai operasional reaktor (*real*). Maka estimasi kebutuhan bahan baku media artifisial kapur semen untuk total ketiga reaktor untuk tiap *running*:

- Semen : 4,5 kg
- Kapur : 26,6 kg
- Air : 9,7 L

Media artifisial dengan diameter 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Media Artifisial

Jumlah media kapur semen dalam reaktor pada penelitian ini akan dihitung ulang saat proses *color tracer test*. Selain itu, pada penelitian ini juga dibuat media berbentuk tabung yang hanya berbahan semen. Media ini akan digunakan untuk *color tracer test*. Hal ini untuk

memastikan waktu detensi *real* yang ada dalam reaktor, bukan sesuai dengan estimasi perhitungan jumlah media artifisial.

3.6.3 Pembuatan Reaktor

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan referensi dari penelitian Suci (2018) dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 65 cm (berbentuk balok). Terdapat penyesuaian dimensi reaktor untuk penelitian ini. Dimensi untuk tiap reaktor adalah 15 cm x 15 cm x 70 cm. Tinggi reaktor 70 cm terdiri atas 10 cm under drain, 50 cm tebal media artifisial, dan 10 cm *free board*.

3.6.4 Color Tracer Test

Color tracer test berfungsi untuk melihat persebaran air pada reaktor dan menentukan bukaan keran yang akan digunakan saat penelitian utama. Pada tahap ini akan digunakan media semen untuk menentukan debit air yang melewati reaktor dengan waktu operasional 10 jam, 12 jam, dan 14 jam. Jumlah media kapur semen yang dibuat untuk penelitian utama akan sama dengan jumlah media semen yang digunakan saat *color tracer test*.

3.7 Penelitian Utama

Tahap penelitian utama adalah sebagai berikut.

3.7.1 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini akan digunakan dua variabel yaitu:

1. Variabel waktu operasional
Menurut Suci (2018), efisiensi penurunan konsentrasi surfaktan terbesar berada pada waktu detensi dalam reaktor 8 jam walaupun grafik masih terus meningkat. Dengan sampel yang berbeda (Kalidami yang tercemar *grey water*), maka ditetapkan waktu operasional adalah 10 jam, 12 jam, dan 14 jam.
2. Variabel diameter media
Berdasarkan dua penelitian sebelumnya, maka ditetapkan diameter media artifisial sebesar 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm. Ketiga variasi diameter media berasal dari penelitian Suci (2018) yaitu diameter kapur semen

sebesar 1 cm dan dari penelitian Bujawati (2014) yaitu diameter arang tempurung kelapa sebesar 1,5 – 2 cm.

3.7.2 Operasional Reaktor

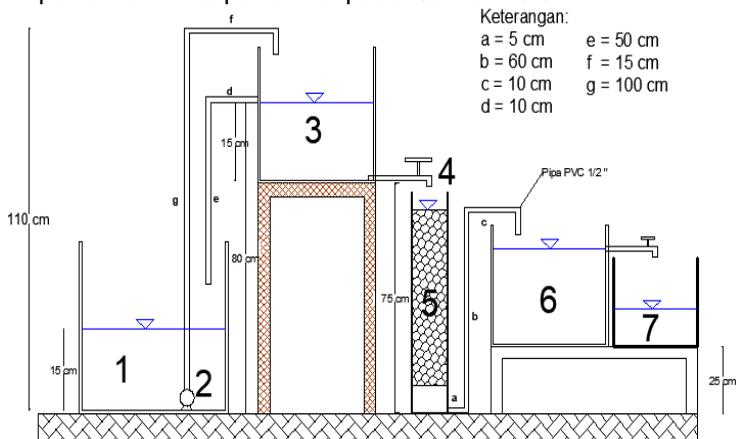
Penelitian menggunakan tiga reaktor dengan waktu operasional 10 jam, 12 jam, dan 14 jam dioperasikan secara *continuous*. Sebelum serangkaian reaktor dioperasikan, sampel awal akan dilakukan uji parameter terlebih dahulu (surfaktan, fosfat, TSS, dan pH). Sampel akan dimasukkan ke dalam tangki penampung nomor 1. Volume sampel air Saluran Kalidami yang diambil tiap *running* untuk 3 reaktor adalah 120 L. Sehingga total sampel air Saluran Kalidami yang diambil untuk 3 *running* adalah sebesar 360 L.

Sampel akan diendapkan selama 2 sampai dengan 3 jam. Setelah itu, pasir dan kotoran yang mengendap akan dibuang dan sampel akan dimasukkan ke dalam drum 100 L lalu diaduk rata. Setelah homogen, air akan dimasukkan ke tangki penampung nomor 1. Air limbah akan dipompa ke bak penampung nomor 3 lalu dialirkan menuju reaktor nomor 4 yang berisi media kapur semen dengan rasio yang telah ditentukan (nomor 5). Head statis pompa yang dibutuhkan adalah 1,1 m.

Setelah reaktor dioperasikan sesuai dengan waktu detensi, maka air akan ditampung menuju bak pengendap nomor 6. Selanjutnya rangkaian reaktor akan tetap dijalankan sesuai dengan waktu detensi. Sehingga apabila reaktor dengan waktu detensi dalam reaktor adalah 6 jam, maka air pertama kali masuk menuju reaktor nomor 5 sampai dengan masuk pertama kali menuju bak sedimentasi nomor 6 memerlukan waktu 6 jam, lalu dilanjutkan dengan ditampung selama 6 jam sehingga air memenuhi bak sedimentasi.

Setelah itu, pompa pada tangki nomor 1 dapat dimatikan dan keran pada bak penampung nomor 3 dapat ditutup. Air yang berada di bak sedimentasi akan menuju bak efluen setelah diendapkan selama 4 jam. Analisis dilakukan untuk mengetahui perubahan parameter yaitu

TSS, surfaktan, fosfat, dan pH. Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Sketsa Proses Penelitian

Keterangan:

1. Tangki penampung kapasitas 20 L
2. Pompa celup
3. Bak penampung 15 L
4. Reaktor
5. Media kapur semen 6:1
6. Bak pengendap 15 L
7. Bak efluen 12 L

Jumlah sampel yang diambil pada ketiga reaktor setiap running adalah 16 sampel dengan 1 sampel saat sebelum *running* dan 15 sampel di bak efluen. Setiap *running* hanya dibutuhkan 1 sampel saja saat sebelum operasional karena konsentrasi sampel sudah homogen di dalam drum. Tiap reaktor setiap running akan diambil sampel pada bak efluen sebanyak 5 buah yaitu saat waktu sedimentasi 0 jam; 1 jam; 2 jam; 3 jam; 4 jam. Setiap sampel yang akan dianalisis pada bak efluen dapat diambil setelah keran pada bak pengendap dibuka. Total sampel yang diambil dalam serangkaian reaktor dari nomor 1 sampai dengan nomor 7 adalah 48 sampel. Jumlah reaktor adalah 3 buah. Untuk lebih jelas, jumlah sampel dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Jumlah Sampel Tiga Reaktor

Variabel			Diameter Media Artifisial		
			1 cm	1,5 cm	2 cm
Waktu operasional	10 jam	Sampel awal	ts 0 jam	ts 0 jam	ts 0 jam
			ts 1 jam	ts 1 jam	ts 1 jam
			ts 2 jam	ts 2 jam	ts 2 jam
			ts 3 jam	ts 3 jam	ts 3 jam
			ts 4 jam	ts 4 jam	ts 4 jam
	12 jam	Sampel awal	ts 0 jam	ts 0 jam	ts 0 jam
			ts 1 jam	ts 1 jam	ts 1 jam
			ts 2 jam	ts 2 jam	ts 2 jam
			ts 3 jam	ts 3 jam	ts 3 jam
			ts 4 jam	ts 4 jam	ts 4 jam
	14 jam	Sampel awal	ts 0 jam	ts 0 jam	ts 0 jam
			ts 1 jam	ts 1 jam	ts 1 jam
			ts 2 jam	ts 2 jam	ts 2 jam
			ts 3 jam	ts 3 jam	ts 3 jam
			ts 4 jam	ts 4 jam	ts 4 jam

Keterangan: ts = waktu sedimentasi

Pengujian parameter dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menurunkan surfaktan, fosfat, TSS, dan pH berdasarkan variasi waktu detensi dalam sistem dan diameter media. Metode analisis yang digunakan tiap parameter adalah sebagai berikut:

1. Analisis surfaktan dengan metode MBAS (*Methylene Blue Active Substance*) sesuai SNI 06-6989.51-2004.
2. Analisis fosfat (PO_4^{3-}) dengan metode spektrofometri secara asam askorbat sesuai SNI 06-6989.31-2005.
3. Analisis TSS dengan metode gravimetri sesuai SNI 06-6989.3-2004.
4. Analisis pH dengan metode pH meter sesuai dengan SNI 06-6989.11-2004.

Kriteria desain yang digunakan pada penelitian ini akan mengacu pada filter aerob yang dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kriteria Desain Filter Aerob

Parameter	Satuan	Nilai
HLR	m ³ /m ² .jam	<2
Waktu Detensi (td)	Jam	6-10

Sumber: Casey (2006)

Untuk menghitung debit air yang dialirkan pada reaktor, maka diperlukan perhitungan berdasarkan penetapan masing-masing waktu detensi. Volume reaktor yang berisi air dan media adalah 0,0135 m³ dimana 60 cm terdiri atas 50 cm tinggi media di dalam reaktor dan 10 cm adalah tinggi *underdrain*. Perhitungan ini didapatkan dari rumus volume reaktor:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume (m}^3\text{)} &= \text{Panjang reaktor} \times \text{Lebar reaktor} \times \text{H} \\
 &\quad \text{(tinggi reaktor)} \dots\dots\dots(3.1) \\
 &= 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \\
 &= 0,0135 \text{ m}^3 \\
 &= 13,5 \text{ L}
 \end{aligned}$$

$$\text{Estimasi volume media artifisial} = \pi \times r^2 \times h \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

r = jari-jari media artifisial (cm)

h = tebal tiap media artifisial kapur semen (1 cm)

Maka volume media artifisial:

$$\begin{aligned}
 \text{Ø 1 cm} &= 9800 \text{ buah} \times \pi \times 0,005 \text{ m} \times 0,005 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} \\
 &= 7,7 \text{ L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ø 1,5 cm} &= 4050 \text{ buah} \times \pi \times 0,0075 \text{ m} \times 0,0075 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} \\
 &= 7,16 \text{ L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ø 2 cm} &= 2450 \text{ buah} \times \pi \times 0,01 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} \\
 &= 7,7 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Panjang pipa venturi berukuran ½” adalah 70 cm dengan 65 cm terisi penuh oleh air dan asumsi 5 cm terisi setengah untuk mengalirkan air dari reaktor nomor 4 menuju bak sedimentasi nomor 6.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air di pipa} &= \pi \times r^2 \times h \dots\dots\dots(3.3) \\
 &= \pi \times (0,635 \text{ cm})^2 \times 65 \text{ cm} + (\pi \times \\
 &\quad (0,635 \text{ cm})^2 \times 5 \text{ cm}) / 2 \\
 &= 0,082 \text{ L} + 0,003 \text{ L} \\
 &= 0,085 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Maka volume air yang masuk ke reaktor adalah sebagai berikut:

$$\text{Volume air (m}^3\text{)} = \text{Volume reaktor} + \text{volume air di pipa} - \text{volume media).....(3.4)}$$

1. Diameter 1 cm = 13,5 L + 0,085 L – 7,7 L
= 5,885 L
2. Diameter 1,5 cm = 13,5 L + 0,085 L – 7,16 L
= 6,445 L
3. Diameter 2 cm = 13,5 L + 0,085 L – 7,7 L
= 5,885 L

Debit (Q) tiap reaktor berdasarkan waktu detensi dalam reaktor:

Diameter 1 cm

1. $T_{d1} = 6 \text{ jam}$
 $Q = \text{Volume} / T_d$
 $Q = 5,895 \text{ L} / (6 \text{ jam})$
 $Q_1 = 0,98 \text{ Liter/ jam}$
2. $T_{d2} = 8 \text{ jam}$
 $Q = \text{Volume} / T_d$
 $Q = 5,895 \text{ L} / (8 \text{ jam})$
 $Q_2 = 0,74 \text{ Liter/ jam}$
3. $T_{d3} = 10 \text{ jam}$
 $Q = \text{Volume} / T_d$
 $Q = 5,895 \text{ L} / (10 \text{ jam})$
 $Q_3 = 0,59 \text{ Liter/ jam}$

Diameter 1,5 cm

1. $T_{d1} = 6 \text{ jam}$
 $Q = \text{Volume} / T_d$
 $Q = 6,435 \text{ L} / (6 \text{ jam})$
 $Q_1 = 1,07 \text{ Liter/ jam}$
2. $T_{d2} = 8 \text{ jam}$
 $Q = \text{Volume} / T_d$
 $Q = 6,435 \text{ L} / (8 \text{ jam})$
 $Q_2 = 0,80 \text{ Liter/ jam}$
3. $T_{d3} = 10 \text{ jam}$
 $Q = \text{Volume} / T_d$
 $Q = 6,435 \text{ L} / (10 \text{ jam})$
 $Q_3 = 0,64 \text{ Liter/ jam}$

Diameter 2 cm

- 1. $Td_1 = 6 \text{ jam}$
 $Q = \text{Volume} / Td$
 $Q = 5,895 \text{ L} / (6 \text{ jam})$
 $Q_1 = 0,98 \text{ Liter} / \text{jam}$
- 2. $Td_2 = 8 \text{ jam}$
 $Q = \text{Volume} / Td$
 $Q = 5,895 \text{ L} / (8 \text{ jam})$
 $Q_2 = 0,74 \text{ Liter} / \text{jam}$
- 3. $Td_3 = 10 \text{ jam}$
 $Q = \text{Volume} / Td$
 $Q = 5,895 \text{ L} / (10 \text{ jam})$
 $Q_3 = 0,59 \text{ Liter} / \text{jam}$

3.8 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data dan pembahasan dilakukan berdasarkan tujuan dari penelitian dan parameter yang telah ditentukan. Semua data yang diperoleh dari penelitian pendahuluan sampai dengan penelitian utama akan dikaji sesuai dengan literatur. Analisis tiap sampel membutuhkan 175 ml air pada tangki efluen dengan kebutuhan sampel sebesar 100 ml untuk analisis surfaktan, 25 ml untuk analisis TSS, 25 mL untuk analisis pH, dan 25 mL untuk analisis fosfat. Efisiensi penurunan surfaktan, fosfat, TSS, dan pH yang berkontak media kapur semen dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ removal} = \left(\frac{C_{\text{tangki}} - C_{\text{efluen}}}{C_{\text{tangki}}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

Setelah itu, didapatkan hubungan antara pengaruh waktu detensi dalam sistem dan luas permukaan media artifisial terhadap penurunan konsentrasi surfaktan, fosfat, TSS, dan pH dengan menggunakan uji statistik ANOVA. Sebelum mengetahui luas permukaan media, maka perlu dihitung total luas permukaan media artifisial dengan rumus:

$$\text{Luas permukaan tabung} = \pi \times \text{diameter media} \times \text{tebal media} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$\text{Luas Lingkaran} = 2 \times \pi \times r^2 \dots \dots \dots (3.7)$$

$$\text{Total luas permukaan media} = \text{Luas permukaan tabung} + \text{Luas lingkaran} \dots \dots \dots (3.8)$$

$$\begin{aligned} &\text{Total luas permukaan media diameter 1 cm (9800 media)} \\ &= \pi \times d \times \text{tebal media} + 2 \times \pi \times r^2 \\ &= [\pi \times 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} + 2 \times \pi \times (0,5 \text{ cm})^2] \times 9800 \\ &= 46181,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Total luas permukaan media diameter 1,5 cm (4050 media)} \\ &= \pi \times d \times \text{tebal media} + 2 \times \pi \times r^2 \\ &= [\pi \times 1,5 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} + 2 \times \pi \times (0,75 \text{ cm})^2] \times 4050 \\ &= 33399,1 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Total luas permukaan media diameter 2 cm (2450 media)} \\ &= \pi \times d \times \text{tebal media} + 2 \times \pi \times r^2 \\ &= [\pi \times 2 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} + 2 \times \pi \times (1 \text{ cm})^2] \times 2450 \\ &= 30787,6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan serta menjawab tujuan dari penelitian ini. Saran disusun untuk memberikan rekomendasi kepada penelitian lebih lanjut.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk menetapkan perbandingan rasio kapur semen pada media artifisial yang akan dibuat dalam operasional penelitian utama. Penelitian ini dimulai dari karakterisasi air Saluran Kalidami dengan parameter surfaktan, fosfat, TSS, dan pH lalu dilanjutkan dengan *jar test* (reduksi surfaktan dan fosfat secara *batch*).

4.1.1 Karakteristik Air Saluran Kalidami

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air Saluran Kalidami Kota Surabaya yang tercemar *grey water*. Air ini diambil pada pukul 10.00 – 11.00 WIB dengan karakteristik air berwarna sedikit kekuningan, ada beberapa partikel melayang, dan berbau tidak sedap. Sebelum sampel awal dianalisis, diperlukan pembuatan kurva kalibrasi parameter surfaktan dan fosfat untuk menentukan panjang gelombang (λ) optimum. Kurva kalibrasi dapat dilihat pada Lampiran 1 dan prosedur analisis parameter dapat dilihat pada Lampiran 2.

Sampel yang diambil pada hari Kamis, 28 Maret 2019 memiliki konsentrasi surfaktan dan fosfat masing-masing sebesar 6,35 mg/L dan 2,68 mg/L yang melebihi baku mutu menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004 yaitu 0,2 mg/L dan 1 mg/L. Sedangkan untuk parameter TSS dan pH masih memenuhi baku mutu. Oleh sebab itu, diperlukan suatu pengolahan air Saluran Kalidami untuk menurunkan konsentrasi surfaktan dan fosfat. Hasil analisis air Saluran Kalidami dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Awal Air Saluran Kalidami

Parameter	Satuan	Konsentrasi	Baku Mutu
Surfaktan	mg/L	6,35	0,20
Fosfat	mg/L	2,68	1
TSS	mg/L	16	400

Parameter	Satuan	Konsentrasi	Baku Mutu
pH	-	7,43	6-9

4.1.2 Penetapan Rasio Kapur Semen Media Artifisial

4.1.2.1 Pembuatan Media Kapur Semen

Sebelum dilakukan *jar test*, media artifisial akan dibuat berdasarkan variasi rasio kapur dan semen (*by weight*). Menurut Suci (2018), media kapur semen yang akan digunakan untuk *jar test* sebanyak 100 g untuk 1 L sampel. Namun karena *paddle* tidak bisa diatur ketinggiannya, maka pada saat *jar test*, media yang digunakan untuk masing-masing *beaker glass* adalah sebanyak 50 g untuk 500 mL sampel. Apabila media yang digunakan adalah 100 g, *paddle* akan tersendat dan membuat media tergerus yang mengakibatkan pada tidak validnya proses *jar test*. Oleh karena itu, kebutuhan kapur dan semen untuk masing-masing rasio dapat dilihat pada Tabel 4.2.

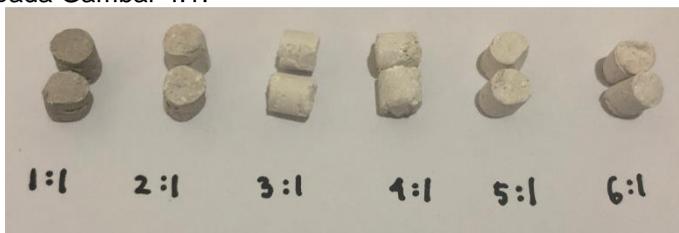
Tabel 4.2 Kebutuhan Kapur dan Semen Penelitian Pendahuluan

Rasio Media Kapur Semen	Kebutuhan (g)	
	Kapur	Semen
1:1	25	25
2:1	33,3	16,7
3:1	37,5	12,5
4:1	40	10
5:1	41,7	8,3
6:1	42,9	7,1

Media yang dibuat berdasarkan rasio kapur semen 1:1 sampai dengan 6:1 berbentuk tabung, memiliki diameter 1 cm dan tebal media 1 cm, serta memiliki warna abu-abu muda sampai dengan warna putih. Kapur dan semen harus berbentuk bubuk halus dan dipisahkan dengan yang berbentuk batuan. Hal ini dilakukan untuk memudahkan kapur dan semen tercampur rata. Setelah itu, campuran kapur semen ditambahkan dengan air 20-30% dari total kapur semen *by weight* (Suci, 2018). Pada penelitian ini, air yang digunakan adalah kurang lebih 30% dikarenakan

apabila hanya 20% saja, adonan masih belum berbentuk pasta namun apabila lebih dari 30%, adonan menjadi sangat lembek yang mengakibatkan media menjadi retak saat kering.

Media dikeringkan di bawah sinar matahari kurang lebih 2 hari dan dioven selama 1 jam. Media kapur semen yang digunakan pada penelitian pendahuluan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Media Kapur Semen untuk Penelitian Pendahuluan

4.1.2.2 Jar Test

Penelitian pendahuluan dilakukan secara *batch* yaitu menggunakan *jar test*. Lama kontak media kapur semen dengan sampel adalah 2 jam dengan analisis sampel setiap 30 menit (Suci, 2018) dan waktu pengendapan 30 menit (Kurniati, 2009). Kecepatan pengadukan *jar test* adalah 80 rpm (Kurniati, 2009). Menurut Kurniati (2009), surfaktan yang dapat mengendap dalam limbah *laundry* melalui proses *jar test* menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adalah sebesar 98,03%. Sedangkan menurut Suci (2018), surfaktan yang dapat mengendap dalam limbah *laundry* melalui proses *jar test* menggunakan media kapur semen adalah sebesar 88,65%.

Jar test dilakukan pada hari Kamis, 28 Maret 2019, setelah sampel air Saluran Kalidami diendapkan dan disaring. Penyaringan dilakukan agar sampel terbebas dari partikel yang mengapung seperti daun dan kotoran. Setelah itu sampel sebanyak masing-masing 500 mL dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang telah berisi 50 g media kapur semen dengan rasio 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, dan 6:1. Selama

waktu kontak 0-60 menit, sampel yang memiliki kontak dengan media rasio kapur semen 4:1, 5:1, dan 6:1 memiliki karakteristik air yang sangat keruh, hampir semua media hancur, dan berwarna abu-abu dibandingkan media rasio kapur semen 1:1, 2:1, dan 3:1 yang memiliki karakteristik air yang agak keruh, media kapur semen hampir semua masih utuh, dan berwarna agak putih. Proses *jar test* saat waktu kontak 30 menit dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Proses Jar Test Saat Waktu Kontak 30 Menit

Sedangkan selama waktu kontak 60-120 menit, sampel yang memiliki kontak dengan media rasio kapur semen 4:1, 5:1, dan 6:1 memiliki karakteristik air yang sangat keruh berwarna putih seperti susu dibandingkan media rasio kapur semen 1:1, 2:1, dan 3:1 yang memiliki karakteristik air yang agak bening dan berwarna putih. Proses *jar test* saat waktu kontak 90 menit dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Proses Jar Test Saat Waktu Kontak 90 Menit

Saat proses sedimentasi, sampel menjadi agak bening dan banyak endapan. Hasil sedimentasi saat sampel memiliki waktu kontak 120 menit dengan media kapur semen dapat dilihat pada Gambar 4.4.



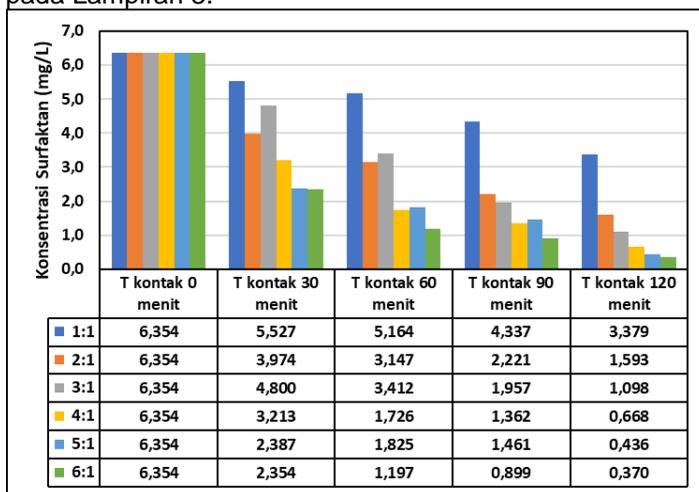
Gambar 4.4 Hasil Sedimentasi Waktu Kontak 120 Menit

Reduksi Surfaktan Air Saluran Kalidami Menggunakan Media Artifisial dengan Variasi Rasio Kapur Semen

Percobaan *jar test* ini menggunakan 6 *beaker glass* 1 L sebagai wadah kontak antara air Saluran Kalidami dengan media kapur semen. Konsentrasi surfaktan awal sampel adalah 6,35 mg/L. Sampel yang berkontak dengan media kapur semen 1:1 mengalami reduksi surfaktan sebesar 13,01% selama 30 menit pertama dengan bentuk media masih utuh. Selanjutnya reduksi surfaktan terus meningkat menjadi 18,73% saat waktu kontak 60 menit dengan media masih cukup utuh; 31,74% saat waktu kontak 90 menit dengan sebagian media hancur; dan 46,83% saat waktu kontak 120 menit dengan sebagian media hancur.

Sampel yang berkontak dengan media kapur semen 2:1 sampai dengan 6:1 turut mengalami reduksi surfaktan masing-masing sebesar 74,92%; 82,73%; 84,49%; 93,13%; dan 94,17%. Air Saluran Kalidami menjadi berwarna sedikit putih akibat kontak dengan media kapur semen 1:1–3:1 namun setelah sampel diendapkan selama 30 menit, air Saluran Kalidami berwarna abu-abu muda agak bening. Karakteristik sampel sedikit berbeda dengan air Saluran Kalidami yang berkontak dengan media kapur semen 4:1-6:1 yang setelah diendapkan selama 30 menit tetap berwarna putih keruh.

Reduksi surfaktan dengan proses *batch* dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan tabel rekapitulasi data penurunan konsentrasi surfaktan selama proses *jar test* dapat dilihat pada Lampiran 3.



Gambar 4.4 Penurunan Surfaktan Air Saluran Kalidami dengan Proses *Batch*

Terjadi peningkatan reduksi surfaktan dikarenakan semen yang berfungsi sebagai pengikat agregat halus (Febrianto, 2011) sudah tidak mampu merekatkan kapur sehingga sebagian kapur akan terlepas dari media dan berkontak dengan air Saluran Kalidami. Pengadukan lambat *jar test* mempercepat reaksi presipitasi surfaktan dan menyebabkan media kapur menjadi mudah luruh karena pergerakan media menuju pusat/ tengah *beaker glass* akibat gaya sentripetal (Fatmawati dkk, 2006).

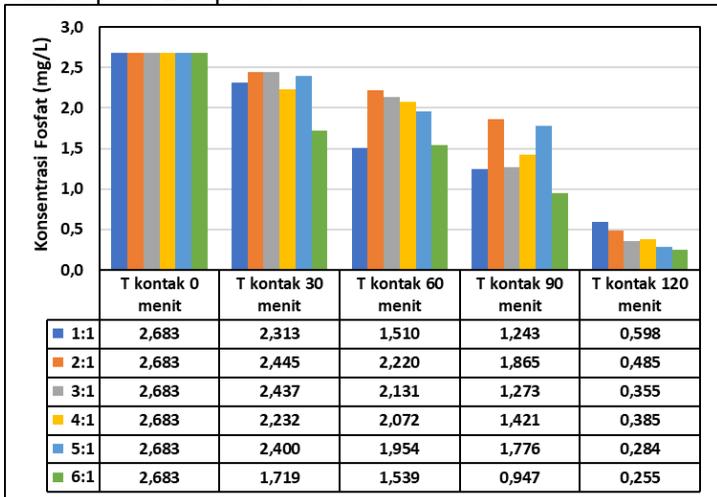
Berdasarkan analisis reduksi surfaktan, semakin panjang lama waktu kontak sampel dengan media kapur semen maka reduksi surfaktan juga semakin besar. Walaupun semua sampel masih belum memenuhi baku mutu, media kapur semen 6:1 dapat mereduksi konsentrasi surfaktan paling besar. Hal ini dapat diamati dari karakteristik media kapur semen 6:1 sejak waktu kontak 30 menit pertama yang sebagian besar sudah luruh dan

menyebabkan banyak kapur yang berkontak dengan sampel sehingga reduksi surfaktan juga semakin besar.

Reduksi Fosfat Air Saluran Kalidami Menggunakan Media Artifisial dengan Variasi Rasio Kapur Semen

Konsentrasi fosfat awal sampel adalah 2,683 mg/L. Media kapur semen 1:1-6:1 dapat mereduksi fosfat air Saluran Kalidami masing-masing sebesar 77,71%; 81,91%; 86,76%; 85,66%; 89,41%; dan 90,51% dengan waktu kontak 120 menit. Terjadi peningkatan reduksi fosfat ketika waktu kontak 60 menit sampai dengan 120 menit dikarenakan ikatan media kapur semen yang sudah mulai lepas sehingga memudahkan fosfat untuk terpresipitasi dan mengendap.

Penurunan fosfat Air Saluran Kalidami yang berkontak dengan media kapur semen secara *batch* dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan tabel rekapitulasi data penurunan konsentrasi fosfat selama proses *jar test* dapat dilihat pada Lampiran 3.



Gambar 4.5 Penurunan Fosfat Air Saluran Kalidami dengan Proses *Batch*

Semua sampel sudah memenuhi baku mutu, namun media kapur semen 6:1 dapat mereduksi konsentrasi fosfat paling besar. Setelah dilakukan analisis reduksi fosfat dengan interval waktu kontak 30 menit, maka dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak sampel dengan media kapur semen, maka semakin besar pula reduksi fosfat air Saluran Kalidami.

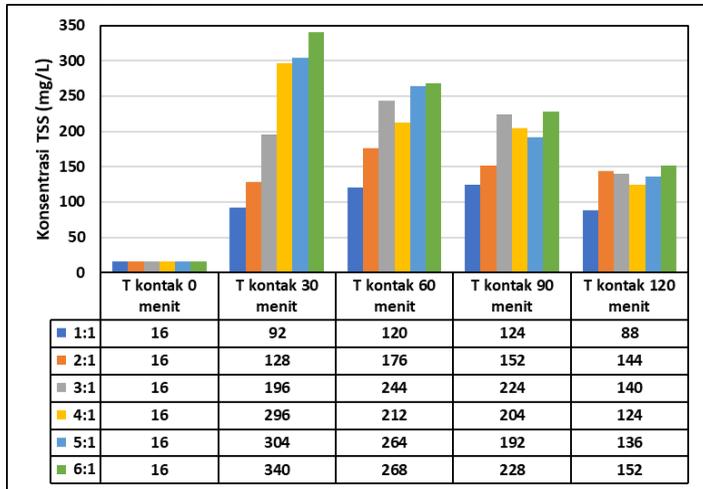
Perubahan TSS Air Saluran Kalidami Menggunakan Media Artifisial dengan Variasi Rasio Kapur Semen

Konsentrasi TSS harus diperhatikan selama proses *jar test* karena terjadi kontak antara media kapur semen dengan air Saluran Kalidami. Kontak ini menyebabkan ikatan antara surfaktan maupun fosfat dengan kapur menjadi suatu flok dan menyebabkan sampel menjadi keruh. Flok yang tidak dapat mengendap selama 30 menit akan teranalisis sebagai TSS.

Konsentrasi TSS awal sampel adalah 16 mg/L. Sampel yang berkontak dengan media kapur semen 1:1-6:1 mengalami kenaikan TSS masing-masing sebesar 450%; 800%; 775%; 675%; 750%; dan 850%. Selama sampel berkontak dengan media, sampel berubah menjadi keruh (TSS meningkat), namun pada tahap waktu kontak 90 menit, media yang tersisa dalam proses *batch* ini sudah tidak dapat hancur lagi sehingga tidak ada penambahan konsentrasi TSS akibat media kapur semen yang hancur/pecah. Selain itu, sebagian besar kapur pada media kapur semen sudah membentuk flok dengan surfaktan maupun fosfat yang akan mengendap saat proses sedimentasi sehingga konsentrasi TSS pada tahap waktu kontak 120 menit menurun. Penurunan TSS setelah peningkatan TSS akibat media luruh juga terjadi dalam penelitian Suci (2018) dimana media kapur 6:1 meningkatkan TSS pada menit 60 namun turun pada menit ke 90 dan 120.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa media kapur semen meningkatkan konsentrasi TSS seiring lama waktu kontak dengan sampel namun ketika semua media artifisial sudah luruh selama waktu kontak, TSS akan menurun. Media sudah tidak mampu melepaskan kapur dengan baik

sehingga yang terjadi dalam *beaker glass* adalah reaksi antara kapur yang sudah menjadi TDS (*Total Dissolved Solid*) dengan sampel yang memungkinkan TSS turun. Perubahan konsentrasi TSS Air Saluran Kalidami yang berkontak dengan media kapur semen dapat dilihat pada Gambar 4.6.

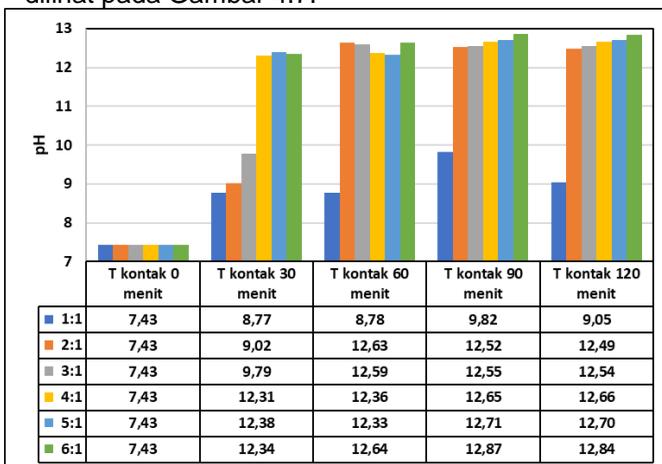


Gambar 4.6 Perubahan Konsentrasi TSS Air Saluran Kalidami dengan Proses *Batch*

Perubahan pH Air Saluran Kalidami Menggunakan Media Artificiial dengan Variasi Rasio Kapur Semen

Proses kontak air Saluran Kalidami dengan media kapur semen 1:1; 2:1; 3:1; 4:1; 5:1; dan 6:1 menyebabkan kenaikan pH secara signifikan. Hal ini dikarenakan kapur memiliki sifat basa (Budi, 2006). Berdasarkan reduksi surfaktan dan fosfat sampel yang terus meningkat, maka selama proses *batch*, kapur yang lepas semakin banyak seiring waktu kontak yang menyebabkan pH sampel menjadi tinggi. Hal ini dibuktikan dengan analisis pH sampel yang berkontak 120 menit dengan media kapur semen 1:1-6:1 masing-masing adalah 9,05; 12,49; 12,54; 12,66; 12,7; dan 12,84.

Terjadi kenaikan pH yang cukup signifikan untuk sampel yang berkontak dengan media kapur semen 4:1 sampai dengan 6:1 karena karakteristik sampel yang sudah menjadi keruh akibat banyak media kapur yang luruh sejak kontak 30 menit pertama. Perubahan pH sampel dapat dilihat pada Gambar 4.7.

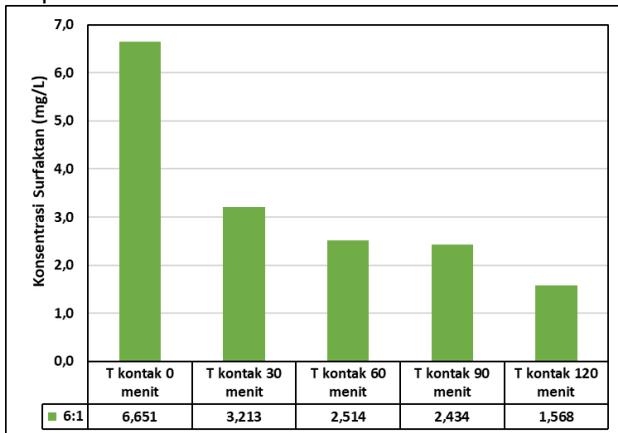


Gambar 4.7 Perubahan pH Air Saluran Kalidami dengan Proses *Batch*

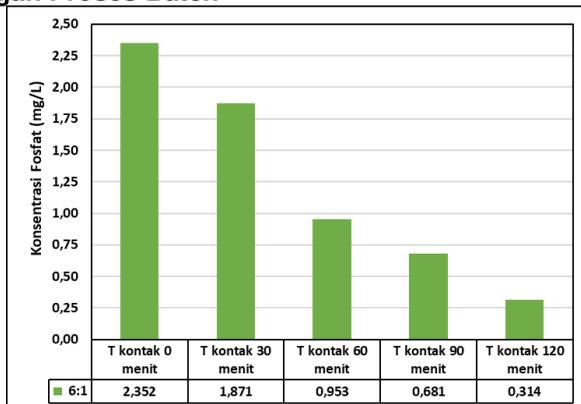
Selanjutnya dilakukan *jar test* ulang untuk mengetahui reduksi surfaktan dan fosfat serta peningkatan TSS dan pH pada sampel air Saluran Kalidami apabila volume masing-masing sampel yang digunakan adalah 1000 mL dengan variasi waktu kontak 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Media yang digunakan adalah media kapur semen 6:1.

Pengambilan sampel dan penelitian dilakukan pada tanggal 23 Mei 2019. Sebelum dilakukan *jar test*, sampel diendapkan terlebih dahulu, disaring, lalu diaduk sehingga didapatkan 4000 mL sampel air Saluran Kalidami yang dimasukkan ke dalam 4 wadah 1000 mL untuk waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Setelah tu, *jar test* dilakukan sesuai dengan prosedur sebelumnya yaitu menggunakan kecepatan pengadukan 80 rpm. Didapatkan

karakteristik awal air Saluran Kalidami adalah 6,651 mg/L surfaktan; 2,352 mg/L fosfat; 20 mg/L TSS; dan pH sebesar 7,79. Selama proses *batch*, surfaktan dan fosfat air Saluran Kalidami tereduksi masing-masing sebesar 76,42% dan 86,66%. Reduksi konsentrasi surfaktan dan fosfat dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.



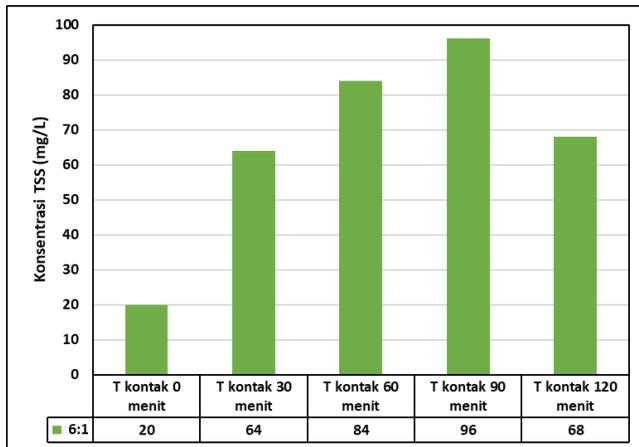
Gambar 4.8 Reduksi Surfaktan Air Saluran Kalidami dengan Proses Batch



Gambar 4.9 Reduksi Fosfat Air Saluran Kalidami dengan Proses Batch

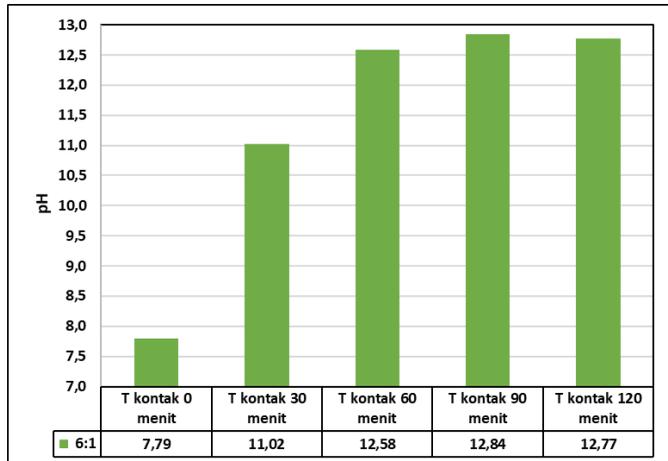
Reduksi surfaktan dan fosfat air Saluran Kalidami lebih rendah dibandingkan *jar test* sebelumnya. Hal yang mungkin menyebabkan turunnya reduksi adalah volume sampel dari 500 mL tiap wadah menjadi 1000 mL namun menggunakan berat media yang sama. Selain itu, sampel diambil satu kali untuk setiap beaker, berbeda dengan *jar test* sebelumnya yang mengambil sampel pada wadah yang sama sebanyak 4 kali waktu kontak. Perbedaan perlakuan ini dapat menyebabkan reduksi surfaktan dan fosfat *jar test* awal lebih besar dibandingkan *jar test* ulang akibat volume air yang semakin sedikit dalam beaker namun berkontak dengan jumlah media yang sama.

Sedangkan untuk parameter TSS dan pH mengalami peningkatan setelah berkontak dengan media kapur semen 6:1 yaitu masing-masing sebesar 240% dan 63,93%. Perbedaan perlakuan antara *jar test* awal dengan *jar test* ulang menyebabkan perubahan TSS yang cukup besar. Perubahan TSS dan pH dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10 Perubahan TSS Air Saluran Kalidami dengan Proses *Batch*

Pada penelitian sebelumnya, TSS dapat mencapai 152 mg/L sedangkan pada *jar test* ulang TSS meningkat dari 20 mg/L menjadi 68 mg/L. Kemungkinan yang menyebabkan *jar test* awal memiliki TSS yang jauh lebih tinggi dibandingkan *jar test* ulang adalah volume sampel yang semakin sedikit ketika kontak dengan media kapur semen 6:1 selama 120 menit sedangkan flok yang terbentuk dan dapat mengendap pecah lagi dan menyebabkan sampel kembali keruh. Sedangkan sampel tidak mengalami perubahan peningkatan pH yang cukup besar antara *jar test* awal dengan *jar test* ulang yaitu meningkat menjadi pH 12,77.



Gambar 4.11 Perubahan pH Air Saluran Kalidami dengan Proses *Batch*

4.2 Persiapan Penelitian Utama

Setelah menentukan rasio kapur semen yang dipilih untuk media artifisial, selanjutnya dilakukan pembuatan media artifisial berbahan semen dan media artifisial berbahan kapur semen 6:1. Media berbahan semen akan digunakan saat proses *color tracer test*.

4.2.1 Pembuatan Media Artifisial

Media yang dibuat terlebih dahulu adalah media berbahan semen. Media semen cenderung tidak bereaksi dengan air dan dapat mempertahankan bentuknya dalam waktu yang cukup lama. Hal ini dianggap lebih memudahkan peneliti dalam mengatur kecepatan aliran air menuju reaktor sehingga mendapatkan waktu operasional yang diinginkan yaitu 10 jam, 12 jam, dan 14 jam. Selain itu karena cara peletakkan media akan dilakukan secara *random* (acak), maka media semen juga berfungsi untuk memastikan jumlah media kapur semen yang akan dibuat untuk penelitian utama. Pembuatan media kapur semen dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pembuatan Media Semen

Berdasarkan perhitungan matematis apabila media disusun secara rapat, maka media yang dibutuhkan untuk \varnothing 1 cm adalah sebanyak 9800 buah; \varnothing 1,5 cm sebanyak 4050 buah; dan \varnothing 2 cm sebanyak 2450 buah. Namun ketika media semen dimasukkan ke dalam reaktor dengan peletakkan secara acak, media yang dibutuhkan untuk memenuhi batas reaktor untuk \varnothing 1 cm sebanyak 6730 buah media; \varnothing 1,5 cm sebanyak 2991 buah media; dan \varnothing 2 cm sebanyak 1684 buah media. Peletakkan media secara acak menyebabkan jumlah media *real* 26-31 % lebih sedikit dibandingkan jumlah media estimasi yang disusun secara rapat. Proses pembuatan media semen sama seperti proses

pembuatan media kapur semen yang menggunakan air sebanyak kurang lebih 30% *by weight* untuk menghindari pecahnya media apabila terlalu banyak air dan tidak rekatnya media akibat terlalu sedikit air.

Dikarenakan pada penelitian utama akan dilakukan 3 kali *running*, maka jumlah media kapur semen yang harus dibuat adalah Ø 1 cm sebanyak 20190 buah; 1,5 cm sebanyak 8973 buah; dan 2 cm sebanyak 5052 buah. Media kapur semen yang akan digunakan dalam penelitian utama dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Media Kapur Semen 6:1

4.2.2 Color Tracer Test

Tahap *color tracer test* berfungsi untuk mengetahui persebaran air dalam reaktor sekaligus memudahkan peneliti dalam mengamati waktu detensi dalam reaktor. Pewarna yang digunakan pada tahap ini adalah uranine fluorescein. Menurut Kass (1998), uranine ($C_{20}H_{10}Na_2O_5$) berbentuk bubuk berwarna merah tua ketika kering dan berubah warna apabila dilarutkan dalam air menjadi jingga, kuning, dan hijau terang seiring dengan menurunnya konsentrasi uranine fluorescein. Uranine ditemukan pada tahun 1871 sebagai senyawa organik ramah lingkungan karena digunakan untuk obat-obatan (Canadian Medical Association, 1959) dan forensik (Budowle *et al.*, 2000)

Air yang digunakan adalah air bersih yang berasal dari air PDAM. Berdasarkan perhitungan jumlah media sebelumnya, debit air yang akan masuk ke dalam reaktor akan dihitung kembali.

$$\begin{aligned} \text{Volume reaktor (m}^3\text{)} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{tinggi reaktor(4.1)} \\ &= 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \\ &= 0,0135 \text{ m}^3 = 13,5 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\text{Volume media artifisial} = \pi \times r^2 \times h \dots\dots\dots(4.2)$$

Keterangan:

r = jari-jari media artifisial (cm)

h = tebal tiap media artifisial kapur semen (1 cm)

Maka volume media artifisial:

$$\begin{aligned} \emptyset 1 \text{ cm} &= 6730 \text{ buah} \times \pi \times 0,005 \text{ m} \times 0,005 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} \\ &= 5,286 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset 1,5 \text{ cm} &= 2991 \text{ buah} \times \pi \times 0,0075 \text{ m} \times 0,0075 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} \\ &= 5,286 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset 2 \text{ cm} &= 1684 \text{ buah} \times \pi \times 0,01 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} \\ &= 5,29 \text{ L} \end{aligned}$$

Panjang pipa venturi berukuran 1/2" yang digunakan adalah 70 cm dengan 65 cm terisi penuh oleh air dan asumsi 5 cm terisi setengah untuk mengalirkan air dari reaktor menuju bak sedimentasi.

$$\begin{aligned} \text{Volume air di pipa} &= \pi \times r^2 \times h \dots\dots\dots(4.3) \\ &= \pi \times (0,635 \text{ cm})^2 \times 65 \text{ cm} + (\pi \times (0,635 \text{ cm})^2 \times 5 \text{ cm}) / 2 \\ &= 0,082 \text{ L} + 0,003 \text{ L} \\ &= 0,085 \text{ L} \end{aligned}$$

Maka volume air yang masuk ke reaktor adalah sebagai berikut:

$$\text{Volume air (m}^3\text{)} = \text{Volume (reaktor + pipa – media)} \dots\dots(4.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter 1 cm} &= 13,5 \text{ L} + 0,085 \text{ L} - 5,286 \text{ L} \\ &= 8,299 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter 1,5 cm} &= 13,5 \text{ L} + 0,085 \text{ L} - 5,286 \text{ L} \\ &= 8,299 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter 2 cm} &= 13,5 \text{ L} + 0,085 \text{ L} - 5,29 \text{ L} \\ &= 8,295 \text{ L} \end{aligned}$$

Air yang dibutuhkan untuk masing-masing reaktor dengan variasi diameter memiliki volume yang hampir sama sehingga volume air dianggap sama (8,3 L). Hal ini dikarenakan perbedaan volume air yang sangat sedikit sehingga tidak mengubah hasil perhitungan. Debit (Q) baru tiap reaktor berdasarkan waktu detensi dalam sistem:

$$Q = \text{Volume} : \text{Waktu detensi} \dots\dots\dots(4.5)$$

Td₁ 6 jam

$$\begin{aligned} Q &= \text{Volume} / T_d \\ Q &= 8,3 \text{ L} / (6 \text{ jam}) \\ Q &= 1,383 \text{ Liter/ jam} \end{aligned}$$

Td₁ 8 jam

$$\begin{aligned} Q &= \text{Volume} / T_d \\ Q &= 8,3 \text{ L} / (8 \text{ jam}) \\ Q &= 1,0375 \text{ Liter/ jam} \end{aligned}$$

Td₁ 10 jam

$$\begin{aligned} Q &= \text{Volume} / T_d \\ Q &= 8,3 \text{ L} / (10 \text{ jam}) \\ Q &= 0,83 \text{ Liter/ jam} \end{aligned}$$

Pada tahap awal *color tracer test*, air yang masuk ke dalam reaktor hanya berada pada bagian tengah bidang permukaan reaktor karena hanya berupa tetesan air. Namun setelah air mulai terisi penuh sampai dengan tetesan pertama menuju bak sedimentasi, persebaran air sudah merata. Proses *color tracer test* dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Color Tracer Test

Selanjutnya dalam mengatur bukaan keran, diperlukan gelas ukur untuk menghitung lama waktu yang diperlukan untuk mencapai volume 100 mL. Waktu yang dibutuhkan agar air menetes sampai dengan 100 mL adalah sebagai berikut:

Td₁ 6 jam

$$Q = 0,38412 \text{ mL/detik}$$

Untuk mencapai 100 mL, maka dibutuhkan 261 detik (4 menit 21 detik)

Td₁ 8 jam

Q = 0,28819 mL/detik

Untuk mencapai 100 mL, maka dibutuhkan 347 detik (5 menit 47 detik)

Td₁ 10 jam

Q = 0,23056 mL/detik

Untuk mencapai 100 mL, maka dibutuhkan 434 detik (7menit 14 detik)

4.3 Penelitian Utama

Pada penelitian utama, dilakukan proses kontak sampel dengan media kapur semen 6:1 secara *continuous*. Kapur yang lepas dari ikatan semen akan berikatan dengan surfaktan dan fosfat pada air Saluran Kalidami secara *slow release*.

4.3.1 Operasional Reaktor

Sampel pada penelitian utama ini adalah air Saluran Kalidami. Air yang sudah diambil sebanyak 120 L untuk tiap *running* akan diendapkan selama 2-3 jam untuk menurunkan TSS seperti pasir dan kotoran yang akan mengganggu jalannya proses pada reaktor. Lalu air dimasukkan ke dalam *drum* berukuran 100 L yang disaring menggunakan saringan kasar. Saringan ini berfungsi untuk menyaring partikel mengapung seperti daun-daun kecil. Setelah itu, air akan diaduk secara merata agar konsentrasi surfaktan dan fosfat sama.

Sampel awal tiap *running* diambil dari *drum* 100 L tersebut. Selanjutnya sambil air terus diaduk, air akan dituangkan ke dalam ember berukuran 20 L (bak penampung nomor 1 pada sketsa Gambar 3.5). Jenis pompa yang digunakan adalah pompa celup (*submersible pump*) dengan head pompa 1,5 m dikarenakan head statis pompa yang direncanakan adalah 1,1 m. Dikarenakan pompa yang digunakan tidak memiliki *stroke* sedangkan

debit pompa jauh lebih besar dibandingkan debit yang dibutuhkan, maka untuk menjaga elevasi permukaan air pada bak nomor 2 (sketsa Gambar 3.5) diperlukan pipa menuju ember kembali untuk mengeluarkan *overflow* dari bak nomor 2 (sketsa Gambar 3.5). Selain itu, perputaran air dari ember menuju bak maupun sebaliknya membuat konsentrasi surfaktan dan fosfat tetap sama karena air terus teraduk.

Apabila elevasi air pada bak tidak diatur, maka hal ini akan berpengaruh pada aliran keran yang tidak dapat stabil sehingga akan mempengaruhi proses penelitian utama. Pengaturan bukaan keran menuju reaktor akan disesuaikan dengan bukaan keran saat proses *color tracer test*. Masing-masing reaktor yang terbuat dari *acrylic* diisi dengan media kapur semen 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm. Setiap *running* dilakukan berdasarkan waktu detensi dalam reaktor adalah 6 jam, 8 jam, dan 10 jam. Selanjutnya air yang melewati reaktor akrilik akan ditampung dalam bak pengendap selama 6 jam, 8 jam, dan 10 jam. Operasional reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Operasional Reaktor

Setelah itu masing-masing sampel akan diambil dari tiap reaktor sejak proses pengendapan 0 jam, 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Sehingga waktu operasional penelitian secara kontinyu adalah 10 jam, 12 jam, dan 14 jam.

Terdapat 16 sampel setiap *running* yang terdiri dari 1 sampel awal, 3 sampel pengendapan 0 jam, 3 sampel pengendapan 1 jam, 3 sampel pengendapan 2 jam, 3 sampel pengendapan 3 jam, dan 3 sampel pengendapan 4 jam. Sampel akan dianalisis sesuai dengan parameter yang ditetapkan yaitu surfaktan, fosfat, TSS, dan pH. Untuk memastikan air Saluran Kalidami tidak mengalami aliran langsung, operasional reaktor dilakukan sesuai prosedur bukaan keran *color tracer test* sehingga waktu operasional aktual hampir sama dengan waktu operasional yang ditetapkan yaitu 10 jam, 12 jam, dan 14 jam dengan posisi media tersusun rapat (Salim dkk, 2018).

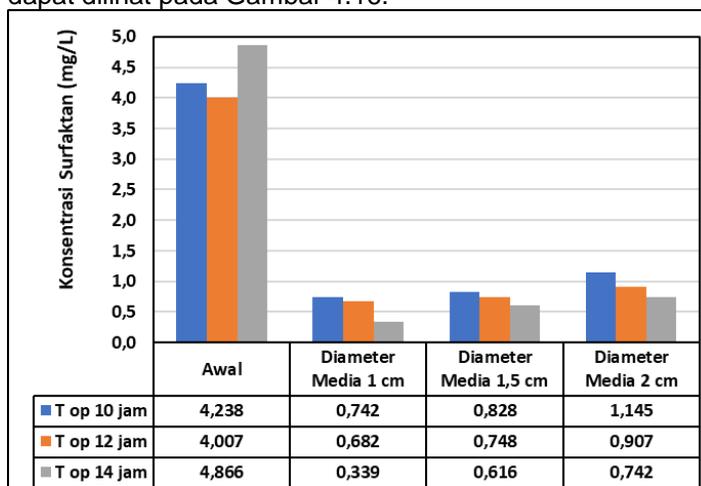
4.3.2 Reduksi Surfaktan Menggunakan Media Kapur Semen

Penelitian utama akan dioperasikan secara kontinyu dimana akan dilakukan tiga kali *running* dengan waktu operasional *running* pertama adalah 10 jam yang terdiri dari 6 jam waktu detensi dalam reaktor dan 4 jam waktu pengendapan, *running* kedua selama 12 jam yang terdiri dari 8 jam waktu detensi dalam reaktor dan 4 jam waktu pengendapan, serta *running* ketiga selama 14 jam yang terdiri dari 10 jam waktu detensi dalam reaktor dan 4 jam waktu pengendapan.

Sampel air Saluran Kalidami memiliki konsentrasi surfaktan sebesar 4,238 mg/L saat *running* pertama; 4,007 mg/L saat *running* kedua; dan 4,866 mg/L saat *running* ketiga. Saat operasional dilakukan selama 10 jam, surfaktan pada sampel yang berkontak dengan media kapur semen Ø 1 cm turun sebesar 78,44% saat waktu pengendapan jam ke 0; 78,75% saat dilakukan 1 jam pengendapan; 79,22% saat dilakukan 2 jam pengendapan; 81,09% saat dilakukan 3 jam pengendapan; dan 82,5% saat dilakukan 4 jam pengendapan. Sedangkan media kapur semen Ø 1,5 cm dan 2 cm masing-masing dapat menurunkan surfaktan sebesar 80,47% dan 72,98%.

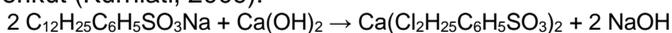
Konsentrasi surfaktan air Saluran Kalidami juga tereduksi sebesar 77,36%; 81,32%; dan 82,97% ketika sampel berkontak dengan media kapur semen Ø 2 cm; 1,5

cm; dan 1 cm saat waktu operasional 12 jam. Sedangkan penurunan surfaktan terbesar terjadi saat waktu operasional 14 jam ketika sampel berkontak dengan media Ø 1 cm yaitu sebesar 93,04% lalu diikuti dengan media Ø 1,5 cm sebesar 87,34% dan media Ø 2 cm sebesar 84,76%. Air Saluran Kalidami yang melewati media kapur semen dengan waktu operasional 10 jam, 12 jam, dan 14 jam menjadi berwarna putih agak sedikit keruh namun ketika diendapkan selama 4 jam menjadi sedikit berwarna putih dan bening. Sedangkan media kapur semen yang dilewati sampel berwarna sedikit abu-abu terang dan beberapa media di bagian atas *under drain* hancur menjadi butiran kapur. Reduksi surfaktan menggunakan media kapur semen 6:1 cm secara kontinyu dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Reduksi Surfaktan air Kalidami Secara Kontinyu

Air Saluran Kalidami mengalami reduksi surfaktan karena surfaktan akan berikatan dengan kapur yang *slow release* pada media kapur semen 6:1. Reaksi kimia yang terjadi saat terjadi presipitasi surfaktan adalah sebagai berikut (Kurniati, 2009):



Pada reaksi kimia di atas dapat dilihat bahwa NaDBS pada surfaktan akan berikatan dengan kapur membentuk

Ca(DBS)₂ yang bersifat presipitat. Selain itu selama waktu pengendapan terjadi proses sedimentasi tipe II dimana terjadi pengendapan flokulen dalam sampel karena adanya interaksi antar partikel (Masduqi dan Assomadi, 2016).

Penurunan surfaktan ketika air Saluran Kalidami berkontak dengan media kapur semen diameter 1 cm selama 14 jam sebesar 93% lebih kecil dibandingkan penelitian Suci (2018) yaitu 97%. Hal ini diakibatkan perbedaan jenis air limbah yang digunakan dimana dalam penelitian Suci (2018) menggunakan air limbah *laundry* yang memiliki konsentrasi surfaktan sebesar 50-127 mg/L.

Kalsium Dodecyl Benzene Sulfonat berbentuk padatan berwarna putih atau sedikit kekuningan (Chemical Book) dan menyebabkan iritasi pada kulit manusia apabila kontak terlalu lama (Toxicology Data Network, 2003). Ca(DBS)₂ tidak toksik dan tidak mudah terbakar serta dapat dilarutkan dengan pelarut organik seperti methanol, xylene, dan toluene dan berfungsi sebagai zat pengemulsi produk pestisida (Handan Xidiya Chemicals).

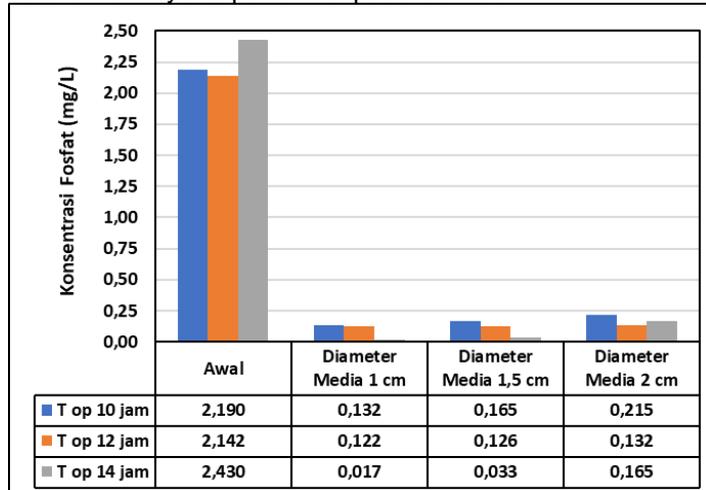
4.3.3 Reduksi Fosfat Menggunakan Media Kapur Semen

Air Saluran Kalidami mengandung fosfat sebesar 2,19 mg/L untuk *running* pertama; 2,142 mg/L untuk *running* kedua; dan 2,43 mg/L untuk *running* ketiga. Konsentrasi fosfat pada sampel yang berkontak selama 10 jam dalam sistem dengan media kapur semen Ø 1 cm turun sebesar 51,7% saat waktu pengendapan jam ke 0; 73,58% saat dilakukan 1 jam pengendapan; 78,87% saat dilakukan 2 jam pengendapan; 87,17% saat dilakukan 3 jam pengendapan; dan 93,96% saat dilakukan 4 jam pengendapan. Fosfat pada air Saluran Kalidami juga tereduksi sebesar 92,45% dan 90,19% ketika berkontak dengan media kapur semen berdiameter 1,5 cm dan 2 cm.

Reduksi fosfat paling besar saat waktu operasional selama 14 jam ketika sampel berkontak dengan media kapur semen Ø 1 cm sebesar 99,32% diikuti dengan kontak media kapur semen Ø 1,5 cm sebesar 98,64% dan Ø 2 cm sebesar 93,2%. Sedangkan dengan menggunakan media kapur semen Ø 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm selama waktu

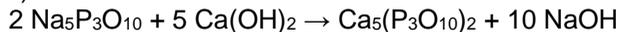
operasional 12 jam, fosfat air Saluran Kalidami dapat tereduksi masing-masing sebesar 94,29%; 94,14%; dan 93,83%.

Reduksi fosfat menggunakan media kapur semen secara kontinyu dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Reduksi Fosfat air Kalidami Secara Kontinyu

Air Saluran Kalidami mengalami reduksi fosfat karena fosfat akan berikatan dengan kapur yang *slow release* pada media kapur semen 6:1. Reaksi kimia yang terjadi saat terjadi presipitasi fosfat adalah sebagai berikut (Kurniati, 2009):



Pada reaksi kimia di atas dapat dilihat bahwa Natrium Tri Polyospat (STPP) akan berikatan dengan kapur membentuk $\text{Ca}(\text{TPP})_2$ yang bersifat presipitat. Penurunan fosfat akibat kontak dengan kapur sesuai dengan penelitian Astuti dkk (2016), dimana dalam penelitian tersebut terjadi penurunan fosfat sebesar 70% ketika air limbah rumah sakit berkontak dengan larutan kapur 4%.

Endapan berupa kalsium tri polifosfat dapat digunakan sebagai cat antikorosif karena dapat menghambat korosi pada baja (Vetere dkk, 2001).

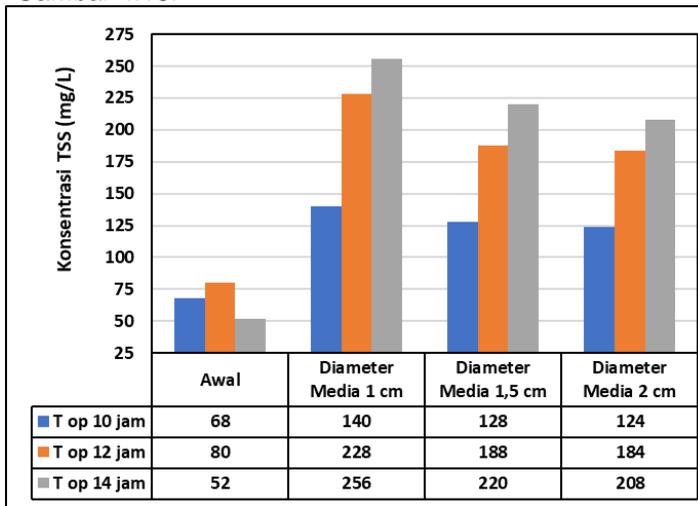
4.3.4 Perubahan TSS Menggunakan Media Kapur Semen

Konsentrasi sampel awal untuk masing-masing waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Konsentrasi TSS Sampel Awal

Waktu Operasional	Konsentrasi TSS (mg/L)
10 jam	68
12 jam	80
14 jam	52

Perubahan TSS air Saluran Kalidami dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Perubahan TSS Air Kalidami Secara Kontinyu

TSS air Saluran Kalidami saat waktu operasional 10 jam meningkat sebesar 105,88%; 88,24%; dan 82,35% ketika berkontak dengan media kapur semen Ø 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm. Semakin lama waktu operasional, semakin meningkat pula konsentrasi TSS sampel. Hal ini ditandai dengan peningkatan TSS saat waktu operasional 12 jam

dimana TSS meningkat sebesar 185%; 135%; dan 130% ketika berkontak dengan media kapur semen Ø 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm. Peningkatan TSS terbesar terjadi saat waktu operasional 14 jam ketika sampel berkontak dengan media Ø 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm masing-masing sebesar 392%; 323%; dan 300%.

Penurunan konsentrasi surfaktan dan fosfat air Saluran Kalidami menyebabkan TSS meningkat karena ion Ca^{2+} terlepas secara perlahan dari media kapur semen (Suci, 2018) yang menyebabkan surfaktan dan fosfat yang terpresipitasi menjadi TSS. Hal ini dibuktikan dengan semua kontak air Saluran Kalidami selama waktu operasional dengan variasi diameter media mengalami peningkatan TSS. Pada konsentrasi TSS awal saat waktu operasional 14 jam, terjadi peningkatan TSS dari 52 mg/L menjadi 308 mg/L ketika berkontak dengan media kapur semen berdiameter 1 cm sebelum waktu pengendapan. Namun, TSS menurun seiring lama waktu sedimentasi menjadi 264 mg/L, 248 mg/L, 216 mg/L, dan 208 mg/L.

Peningkatan TSS akibat kontak limbah dengan media kapur semen juga dibuktikan dalam penelitian Suci (2018), dimana pada ketiga waktu detensi, semua konsentrasi TSS meningkat akibat banyaknya media kapur semen yang lepas secara perlahan selama operasional berlangsung.

4.3.5 Perubahan pH Menggunakan Media Kapur Semen

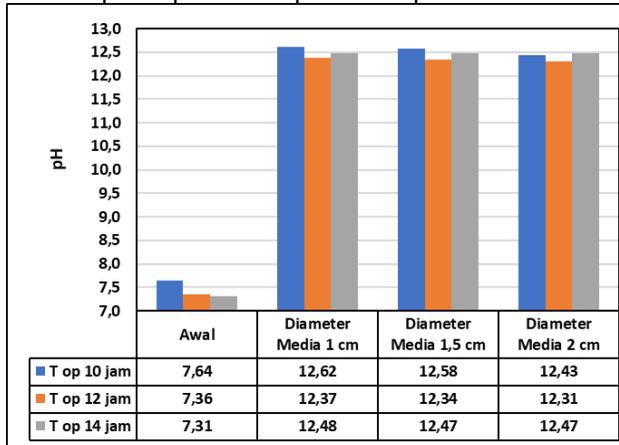
pH sampel awal untuk masing-masing waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Konsentrasi pH Sampel Awal

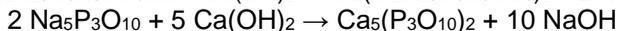
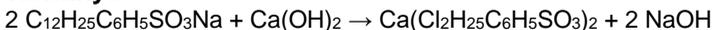
Waktu Operasional	pH
10 jam	7,64
12 jam	7,36
14 jam	7,31

Media kapur semen Ø 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm yang berkontak dengan air Saluran Kalidami mengalami kenaikan pH saat waktu operasional 10 jam masing-masing sebesar 65,18%; 64,66%; dan 62,7%. Sedangkan saat waktu operasional 12 jam, pH meningkat sebesar 68,07%; 67,66%; dan 67,26% ketika berkontak dengan media kapur

semen Ø 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm. ketika Sampel air Saluran Kalidami yang berkontak dengan media Ø 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm mengalami peningkatan pH terbesar saat waktu operasional 14 jam masing-masing sebesar 70,73%; 70,59%; dan 70,59%. Perubahan pH air Saluran Kalidami dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan rekapitulasi data perubahan pH dapat dilihat pada Lampiran 3.



Gambar 4.19 Perubahan pH Air Kalidami Secara Kontinyu



Surfaktan dan fosfat yang berikatan dengan kapur yang *slow release* pada media kapur semen 6:1 membentuk $\text{Ca}(\text{TPP})_2$ serta $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ dan NaOH yang menyebabkan pH sampel menjadi basa (Kurniati, 2009). Peningkatan pH tersebut juga dialami dalam penelitian Suci (2018) yaitu pada pH awal sekitar 7 lalu meningkat menjadi hampir 12. Sehingga semakin lama waktu operasional, semakin meningkat pula pH sampel. pH sampel yang meningkat sampai dengan 12,62 merupakan pH basa. pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik pada umumnya berkisar antara 7 sampai 8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa membahayakan kelangsungan hidup organisme terutama ikan karena menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi. Sedangkan

pH yang tinggi menyebabkan keseimbangan antara amonium dan amoniak dalam air akan terganggu. Kenaikan pH di atas netral meningkatkan konsentrasi amoniak yang juga bersifat sangat toksik bagi organisme (Effendi, 2003). Oleh karena itu, sebelum efluen masuk ke badan air perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk menurunkan pH yaitu proses netralisasi.

4.3.6 Uji Statistik ANOVA

Variabel independen pada uji statistik ANOVA adalah luas permukaan media (\emptyset 1 cm = 31698,3 cm²; \emptyset 1,5 cm = 24653,32 cm²; \emptyset 2 cm = 21151,04 cm²) dan waktu detensi (6 jam, 8 jam, dan 10 jam) sedangkan variabel dependennya adalah efisiensi penurunan surfaktan dan fosfat. Sebelum dilakukan uji ANOVA, ada 3 syarat yang harus dipenuhi yaitu sampel berasal dari kelompok independent, data terdistribusi normal, dan varian antar kelompok homogen (Tannady dan Munardi, 2015).

Pada proses *batch*, didapatkan tidak adanya pengaruh yang signifikan antara waktu kontak media kapur semen 6:1 dengan penurunan surfaktan. Hal ini dapat dilihat dari nilai $F < F_{crit}$ dan nilai $p > 0,05$. Sedangkan untuk parameter fosfat, TSS, dan pH juga tidak ada pengaruh yang signifikan antara waktu kontak media kapur semen 6:1 terhadap penurunan fosfat, peningkatan TSS, serta peningkatan pH. Uji ANOVA untuk parameter surfaktan, fosfat, TSS, dan pH dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Konsentrasi pH Sampel Awal

ANOVA Surfaktan						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Waktu kontak	1544,4	1	1544,48	6,9069	0,0784	10,1279
Error	670,84	3	223,61			
Total	9744,5	7				
ANOVA Fosfat						
Rows	9,7751	1	9,77514	0,0437	0,847	10,128
Error	670,84	3	223,64			
Total	8209	7				

ANOVA TSS						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	9,7751	1	9,7751	0,0437	0,847	10,128
Error	670,84	3	223,61			
Total	8209,8	7				

ANOVA pH						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	9,7754	1	9,7751	0,0437	0,847	10,128
Error	670,84	3	223,613			
Total	8209,8	7				

Berdasarkan reduksi surfaktan yang didapatkan selama proses secara *continuous*, didapatkan keterkaitan atau pengaruh antara variabel independen waktu operasional dan luas permukaan media kapur semen terhadap penurunan surfaktan. Hal ini dapat dilihat pada nilai F yang lebih besar pada nilai F *critical*. Uji ANOVA parameter surfaktan dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan 4.7.

Tabel 4.6 Uji ANOVA Surfaktan

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Waktu operasional 10 jam	3	2,359438	0,786479	0,002512
Waktu operasional 12 jam	3	2,416502	0,805501	0,000831
SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Waktu operasional 14 jam	3	2,651359	0,883786	0,001799
Luas Permukaan Ø 1 cm (31698,3 cm ²)	3	2,585099	0,8617	0,003549
Luas Permukaan Ø 1,5 cm (24653,32 cm ²)	3	2,491251	0,830417	0,001402
Luas Permukaan Ø 2 cm (21151,04 cm ²)	3	2,350949	0,78365	0,003542

Tabel 4.7 Uji ANOVA Surfaktan

Source of Variation	SS	Df	MS	F	P-value	F crit
Luas permukaan	0,015959	2	0,00798	31,06057	0,00366	6,944272
Waktu operasional	0,009258	2	0,004629	18,01772	0,009982	6,944272
Error	0,001028	4	0,000257			
Total	0,026244	8				

Uji ANOVA parameter fosfat, pH, dan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.8-4.10.

Tabel 4.8 Uji ANOVA Fosfat

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Luas permukaan	0,003589	2	0,001794	7,052831	0,0488	6,9442
Waktu operasional	0,001967	2	0,000984	3,866215	0,1162	6,9442
Error	0,001018	4	0,000254			
Total	0,006573	8				

Tabel 4.9 Uji ANOVA TSS

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Luas permukaan	9,95295	2	4,97647	151,65	0,00016	6,944
Waktu operasional	0,54526	2	0,27263	8,308	0,03764	6,944
Error	0,13125	4	0,03281			
Total	10,62948	8				

Tabel 4.10 Uji ANOVA pH

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Luas permukaan	0,006261	2	0,003130	72,92	0,000712	6,94427
Waktu operasional	0,000206	2	0,000103	2,405	0,206105	6,94427
Error	0,000171	4	0,0000429			
Total	0,006639	8				

Setelah dilakukan uji ANOVA, didapatkan bahwa luas permukaan media kapur semen memiliki pengaruh dan waktu operasional tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan fosfat serta peningkatan pH. Hal ini

dibuktikan dengan nilai $F < F_{critical}$ pada *source of variation* waktu operasional. Sedangkan untuk parameter TSS memiliki hasil yang menunjukkan bahwa waktu operasional dan luas permukaan media kapur semen berpengaruh terhadap peningkatan TSS.

Keterkaitan Antara Tiap Parameter

Berdasarkan analisis parameter surfaktan, fosfat, TSS, dan pH maka terdapat keterkaitan antara tiap parameter uji yaitu semakin tinggi reduksi surfaktan, maka semakin tinggi pula reduksi fosfat. Reduksi antara parameter surfaktan dan fosfat berbanding lurus diakibatkan kemampuan kapur yang dapat menurunkan deterjen (Kurniati, 2009). Hal ini juga sesuai dengan reaksi NaDBS dan STPP yang membentuk $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ dan $\text{Ca}(\text{TPP})_2$ ketika berkontak dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Dikarenakan proses yang terjadi adalah presipitasi kimia, maka produk berupa $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ dan $\text{Ca}(\text{TPP})_2$ bersifat presipitat yang menyebabkan konsentrasi TSS meningkat sehingga parameter TSS berbanding terbalik dengan parameter surfaktan dan fosfat. Selain itu, dalam reaksi presipitasi terdapat produk samping yaitu NaOH sehingga kapur yang lepas dari media kapur semen secara perlahan akan mereduksi surfaktan dan fosfat, namun meningkatkan TSS dan pH. Penurunan TSS dan pH diperlukan pengolahan lebih lanjut maupun memodifikasi sistem reaktor yang sudah ada seperti mengganti bak pengendap menjadi filter pasir untuk mereduksi konsentrasi TSS dan netralisasi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Media kapur semen 6:1 dengan diameter 1 cm dan waktu operasional 14 jam dapat mereduksi surfaktan dan fosfat air Saluran Kalidami paling baik yaitu sebesar 93% dan 99,3%. Sedangkan peningkatan TSS dan pH paling kecil ketika air Saluran Kalidami berkontak selama 10 jam yaitu TSS sebesar 68 mg/L menjadi 140 mg/L dan pH dari 7,6 menjadi 12,6.
2. Luas permukaan media kapur semen dan waktu operasional berpengaruh terhadap penurunan surfaktan dan peningkatan TSS, namun waktu operasional tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan fosfat dan peningkatan pH. Luas permukaan media kapur semen berpengaruh terhadap penurunan fosfat dan peningkatan pH.

5.2 Saran

Saran yang dapat diusulkan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Sampel efluen yang berkontak dengan media kapur semen masih belum memenuhi baku mutu untuk parameter surfaktan dan pH. Dapat ditambahkan proses lain seperti netralisasi untuk menurunkan pH dan mengganti bak pengendap dengan filter pasir untuk mengoptimalkan penurunan TSS, surfaktan, dan fosfat.
2. Waktu sedimentasi belum optimal dalam menurunkan TSS sehingga dapat memperpanjang lama waktu sedimentasi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Adany, F. 2017. *Review: Proses Pengolahan Air Limbah Secara Fisika, Kimia, dan Biologi*. Artikel.
- Almeida, J.S., Rocha, N.R.A.F., dan Junior, M.R.F. 2013. *Treating Domestic Greywater and Expectations to be Reused*. American Journal of Environmental Engineering 3(4): 195-198.
- Andre, W.I.W., dan Sutrisno, E. 2015. *Penggunaan Tepung Biji Asam Jawa (Tamarindus indica) Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan Kadar Fosfat dan COD pada Air Limbah Usaha Laundry*. Jurnal Teknik Lingkungan 4(4): 1-5.
- Andreakis, A., Noutsopoulos, C., Mantziaras, I.D., dan Kouris, N. 2015. *Greywater Characterization and Treatment*. Conference Proceedings.
- Arnelli. 2010. *Sublasi Fosfat dari Larutan Deterjen dan Larutan Deterjen Sisa Cucian Serta Penggunaannya Kembali Sebagai Deterjen*. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 13(2): 35-40.
- Badan Lingkungan Hidup. 2010. *Kualitas Air Surabaya Mengalami Penurunan*. <http://ih.surabaya.go.id/web.blh/?c=main&m=detail.&id=35>, diakses tanggal 2 Januari 2019.
- Budi, S.S. 2006. *Penurunan Fosfat dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas dan Filtrasi Zeolit pada Limbah Cair (Studi Kasus Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta)*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Budowle, B., Leggitt, J.L., Defenbaugh, D.A., Keys, K.M., dan Malkiewicz, S.F., 2000. *The presumptive reagent fluorescein for detection of dilute bloodstains and subsequent STR typing of recovered DNA*. Journal Forensic Science 45.
- Bujawati, E., Rusmin, M., dan Basri, S. 2014. *Pengaruh Ketebalan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Tingkat Kesadahan Air di Wilayah Kerja Puskesmas Sudu Kabupaten Enkerang Tahun 2013*. Jurnal Kesehatan 7(1): 332-345.
- Canadian Medical Association. 1959. *New Drugs*. Canadian Medical Association 80 (12): 997-998.

- Chemical Book. *Calcium Dodecylbenzene Sulfonate*. <URL: https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB7292149.htm>
- Clint, J.H., 1992. *Surfactan Aggregation*. Blackie & Sons Ltd: London.
- Cullum, D.C.1994. *Introduction to Surfactant Analysis*. Blackie Academic & Professional: London.
- Damayanti, H., Purwanti, I.F. 2016. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya*. Jurnal Teknik ITS 5(2): 31-35.
- Dalahmeh, S.S., Pell, M., Vinneras, B., Hylander, L.D., Oborn, I., dan Jonsson, H. 2012. *Efficiency of Bark, Activated Charcoal, Foam and Sand Filters in Reducing Pollutants from Greywater*. Water Air Soil Pollut. Journal of Springer.
- Day, R.A.Jr. dan Underwood, A.L. 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Erlangga: Jakarta.
- Effendi. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Jogjakarta. Metodologi Biologi Perikanan. Yayasan Dewi Sri.
- Fatmawati, E., Kuswanti, P., Sudjito, D.N., dan Rondonuwu, F.S. 2006. *Pemanfaatan Kamera Digital dalam Pembelajaran Fisika tentang Dampak Gaya Sentrifugal*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Febrianto, I. 2011. *Tinjauan Kuat Lentur dan Porositas Beton Dengan Zeolit Sebagai Bahan Tambah Dibanding Zeolit Sebagai Penganti Semen Pada Campuran Beton*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Filliazati, M. Apriani, I., dan Zahara, T.A. 2013. *Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang*. Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah 1(1): 1-10.
- Gross, A., Azulai, N., Oron, G., Ronen, Z., Arnold, M., dan Nejidat, A. 2005. *Environmental Impacts and Health Risks Associated with Greywater Irrigation: A Case Study*. Water Science & Technology 52(8): 161–169.
- Handan Xidiya Chemicals Co., LTD. *Calcium Dodecyl Benzene Sulfonate* CAS 26264-06-2. <URL: <http://>

- xdychem.com.cn/en/cplb3/Calcium_Dodecyl_Benzene_Sulfonate_CAS_26264_06_2/>.
- Jefferson, B., Palmer, A., Jeffrey, P., Stuetz, R., dan Judd, S. 2004. *Grey Water Characterisation and its Impact on the Selection and Operation of Technologies for Urban Reuse*. *Water Science and Technology* 50(2): 157-164.
- Kirk, R.E. dan Othmer, D.F. 1982. *Encyclopedia of Chemical Technology*. The Interscience and Encyclopedia Inc: New York.
- Käss, W. 1998. *Tracing Technique in Geohydrology*. Balkema, Rotterdam.
- Kurniati, E. 2009. *Penurunan Konsentrasi Deterjen Pada Limbah Industri Laundry Dengan Metode Pengendapan Menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$* . *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* 1(1): 41-47.
- Leeden, V.D.F., Troise, F.I., dan Todd, D.K. 1990. *The Water Encyclopaedia*. Lewis Publishers: USA.
- Majid, M., Rahmi, A., Umar, R., dan Kumaladewi, H.K. 2017. *Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Pada Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Usaha Laundry di Kota Pare-Pare Sulawesi Selatan*. *Prosiding Seminar Nasional IKAKESMADA*.
- Masduqi, A. dan Assomadi, A. 2016. *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. ITS Press: Surabaya.
- Morel, A. dan Diener, S. 2006. *Greywater management in low and middle-income countries, review of different treatment systems for households or neighbourhoods*. Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Nadayil, J., Mohan, D., Dileep, K., Rose, M., dan Parambi, R.R.P. 2015. *A Study on Effect of Aeration on Domestic Wastewater*. *International Journal Interdisciplinary Research and Innovations* 3(2):10-15.
- Ndani, L.P.L.M. 2016. *Penentuan Kadar Senyawa Fosfat di Sungai Way Kuripan dan Way Kuala dengan Spektrofotometri UV-Vis*. *Skripsi Jurusan Kimia FMIPA: Universitas Lampung*.
- Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

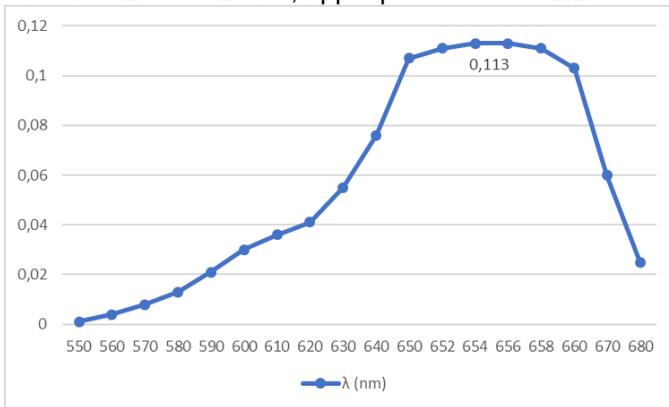
- Permadi, I.M.A. dan Murni, R.A.R. 2013. *Dampak Pencemaran Lingkungan Akibat Limbah dan Upaya Penanggulangannya di Kota Denpasar*. Jurnal Kertha Negara 1(6): 1-5.
- Puji dan Rahmi, N. 2009. *Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Lumpur Aktif Proses Anaerob*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Purnama, S.G. *Cemaran Air Limbah Industri Laundry*. Modul Kesehatan Lingkungan: Universitas Udayana.
- Purnomo, B. 1992. *Efek Toksik Deterjen*. Fakultas Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Rahimah, Z., Heldawati, H., dan Syaughiah, I. 2016. *Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC*. Jurnal Konversi 5(2): 13-19.
- Rosariawari, F. 2008. *Penurunan Konsentrasi Limbah Deterjen Menggunakan Furnace Bottom Ash (FBA)*. Jurnal Rekayasa Perencanaan 4(3).
- Salim, N., Rizal, N.S., dan Vihantara, R. 2018. *Komposisi Efektif Batok Kelapa Sebagai Karbon Aktif untuk Meningkatkan Kualitas Airtanah di Kawasan Perkotaan*. Media Komunikasi Teknik Sipil 24(1): 87-95.
- Santi, S.S. 2009. *Penurunan Konsentrasi Surfactan Pada Limbah Deterjen dengan Proses Photokatalitik Sinar UV*. Jurnal Teknik Kimia 4(1): 260-264.
- Schleheck , Dong, K., Dnger, E., Heinzle, dan Cook, A.M. 2000. *An α -Proteobacterium Converts Linear Alkylbenzene Sulfonate Surfactant into Sulfophenylcarboxylates and linear Alkyldiphenyletherdisulfonate Surfactants into Sulfodiphenylethercarboxylates*. Applied. And Env. Microb. 66(5): 11-16.
- Suci, A.P.C.W. 2018. *Reduksi Fosfat Menggunakan Granular Kapur-Semen Sebagai Sumber Ion Ca^{2+}* . Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tannady, H. dan Munardi, W.E. 2015. *Pengamatan Waktu Pelayanan Operator Pintu Tol dengan Uji Hipotesis Analysis of Variance (ANOVA) (Studi Kasus: Gerbang Tol Ancol timur, Jakarta Utara)*. Journal of Industrial Engineering and Management Systems 8(1).
- Tarmiji, E. 1986. *Batu Kapur dan Pemanfaatannya*. Balai dan Pengembangan Industri: Medan.

- Toxicology Data Network. 2003. *Calcium Dodecyl Benzene Sulfonate*. <URL: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+996>>
- Travis, M. J., Wiel-Shafran, A., Weisbrod, N., Adar, E., dan Gross, A. 2010. *Greywater Reuse for Irrigation: Effect on Soil Properties*. *Science of The Total Environment* 408(12): 2501–2508.
- Triyulianingsih, R. Chairunnisa, dan S. Miskah. 2012. *Pemanfaatan Bahan Additive Abu Sekam Padi Pada Cement Portland PT. Semen Baturaja (Persero)*. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya* 4(18): 59-67.
- Vetere, V.F., Romagnoli, R., Deya, C., dan Amo, B.D. 2001. *Calcium Tripolyphosphate: An Anticorrosive Pigment for Paint*. Article. Research Gate.
- Wulandari, W.A. dan Soedjono, E.S. 2017. *Penurunan COD dan Deterjen pada Saluran Kalidami Kota Surabaya dengan Oksidator H_2O_2 dan $KMnO_4$* . *Jurnal Teknik ITS* 6(2): 445-450.
- Wurochekke, A.A., Mohamed, M.S., Al-Gheeti, A.A., Atiku, H., Amir, H.M., dan Matias-Peraltan, H.M. 2016. *Household Greywater Treatment Methods Using Natural Material and Their Hybrid Sistem*. *Journal of Water and Health* 14(6): 914-928.
- Yuliani, R.L., Purwanti, E., dan Paniwati, Y. 2015. *Pengaruh Limbah Deterjen Industri Landry terhadap Mortalitas dan Indeks Fisiologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)*. Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS.

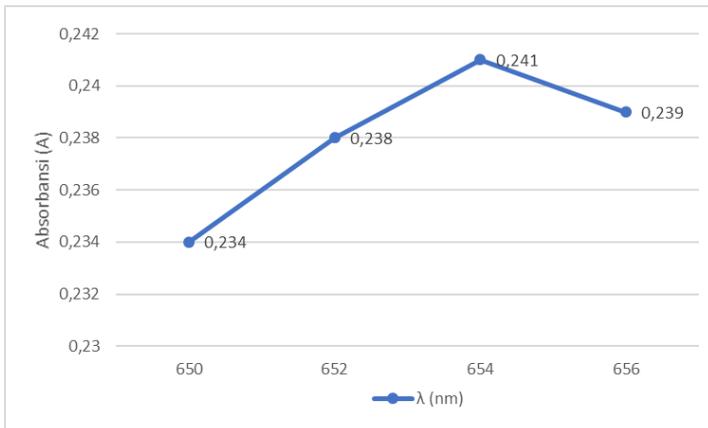
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN I PENENTUAN KURVA KALIBRASI

Penentuan panjang gelombang analisis surfaktan antara 550 nm sampai dengan 680 nm menggunakan LAS 0,4 ppm dapat dilihat pada Gambar L.1 dan LAS 0,8 ppm pada Gambar L.2.



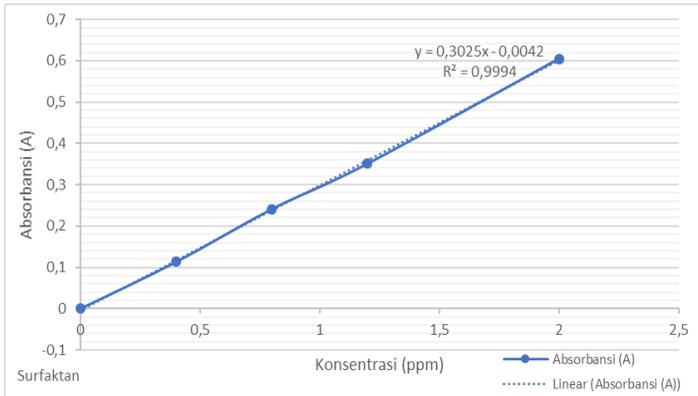
Gambar L.1 Penentuan λ dengan LAS 0,4 ppm



Gambar L.2 Penentuan λ dengan LAS 0,8 ppm

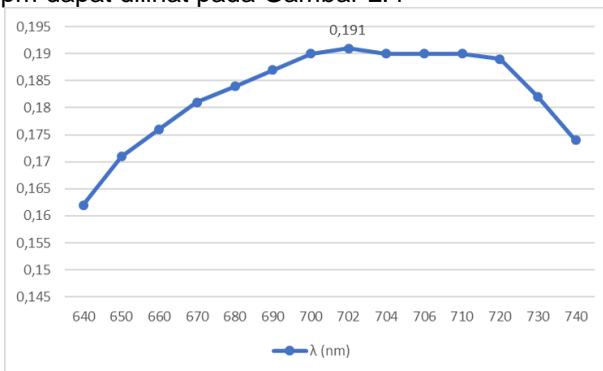
Tabel L.1 Kurva Kalibrasi Surfaktan (654 nm)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (A)
0	0
0,4	0,113
0,8	0,241
1,2	0,351
2	0,605



Gambar L.3 Kurva Kalibrasi Surfaktan

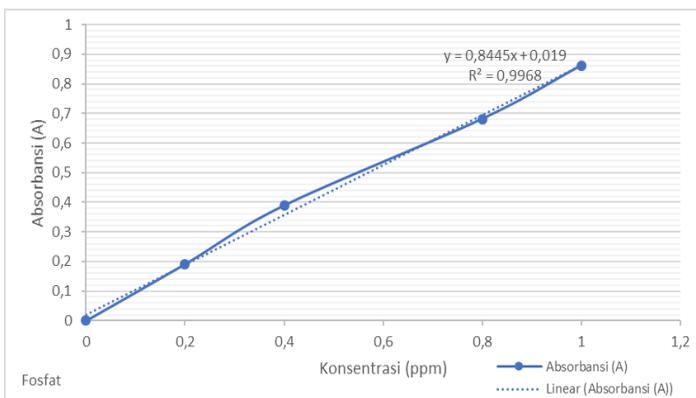
Penentuan panjang gelombang analisis fosfat antara 640 nm sampai dengan 740 nm menggunakan Larutan Standar Fosfat 0,2 mg/L ppm dapat dilihat pada Gambar L.4



Gambar L.4 Penentuan λ dengan Larutan Standar Fosfat 0,2 ppm

Tabel L.2 Kurva Kalibrasi Fosfat (700 nm)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (A)
0	0
0,2	0,191
0,4	0,389
0,8	0,681
1	0,861



Gambar L.5 Kurva Kalibrasi Surfaktan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2

Prosedur Analisis Parameter

A. Analisis Surfaktan (SNI 06-6989.51-2005)

A.1 Prinsip

Fosfat anionik bereaksi dengan biru metilen membentuk pasangan ion berwarna biru yang larut dalam pelarut organik. Intensitas warna biru yang terbentuk diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 654 nm. Serapan yang terukur setara dengan kadar fosfat anionik.

A.2 Bahan

- a) Serbuk Alkil Sulfonat Linier (LAS) atau natrium lauril sulfat ($C_{12}H_{25}OSO_3Na$)
- b) Larutan indikator fenolftalin 0,5%;
Larutkan 0,5 g fenolftalin dengan 50 mL alkohol 95% di dalam gelas piala 250 mL Tambahkan 50 mL air suling dan beberapa tetes larutan NaOH 0,02 N sampai warna merah muda
- c) Larutan natrium hidroksida (NaOH) 1N;
Larutkan 4,0 g NaOH dengan 50 mL air suling di dalam labu ukur 100 mL, tambahkan air suling sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan
- d) Larutan sulfat (H_2SO_4) 1N;
Ambil 2,8 mL H_2SO_4 pekat, kemudian masukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi 50 mL air suling. Tambahkan air suling sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan.
- e) Larutan sulfat (H_2O_4) 6N;
Ambil 20 mL H_2SO_4 pekat, kemudian masukkan ke dalam gelas piala 200 mL yang berisi 120 mL air suling dan dihomogenkan
- f) Larutan biru metilen;
Larutkan 100 mg biru metilen dengan 100 mL air suling dan dihomogenkan. Ambil 30 mL larutan tersebut dan masukkan ke dalam labu ukur 1000 mL, tambahkan 500 mL air suling, 41 mL H_2SO_4 6N dan 50 g natrium fosfat monohidrat ($NaH_2PO_4 \cdot H_2O$), kocok hingga larut

sempurna kemudian tambahkan air suling hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan

g) Kloroform (CHCl_3)

h) Larutan pencuci

Ambil 41 mL H_2SO_4 6N dan masukkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang berisi 500 mL air suling. Tambahkan 50 g natrium dihidrogen fosfat monohidrat ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), kocok hingga larut sempurna kemudian tambahkan air suling hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan

i) Hidrogen peroksida (H_2O_2) 30%

j) Isopropil alkohol (*i*- $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$)

k) Serabut kaca (*glass wool*).

A.3 Peralatan

a) Spektrofotometer;

b) Timbangan analitik

c) Corong pemisah 250 mL (dianjurkan dengan cerat dan tutup terbuat dari teflon)

d) Labu ukur 100 mL; 500 mL dan 1000 mL

e) Gelas piala 200 mL

f) Pipet volumetrik 1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL dan 5,0 mL

g) Pipet ukur 5 mL dan 10 mL

A.4 Persiapan pengujian

A.4.1 Pembuatan larutan induk surfaktan anionik 1000 mg/L

Larutkan 1,000 g LAS 100% aktif atau natrium lauril sulfat ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3\text{Na}$) dengan 100 mL air suling dalam labu ukur 1000 mL kemudian tambahkan air suling hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan.

Catatan: Simpan larutan induk surfaktan anionik di dalam lemari pendingin untuk mengurangi biodegradasi. Bila terbentuk endapan, larutan ini tidak dapat dipergunakan.

A.4.2 Pembuatan larutan baku surfaktan anionik 100 mg/L

Pipet 10 mL larutan induk surfaktan anionik 1000 mg/L dan masukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian tambahkan air suling hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan.

A.4.3 Pembuatan larutan kerja surfaktan anionik

- a) pipet 1,0 mL; 2,0 mL; 3,0 mL dan 5,0 mL larutan baku surfaktan anionik 100 mg/L dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 250 mL
- b) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar surfaktan anionik 0,4; 0,8; 1,2 dan 2,0 mg/L MBAS.

A.4.4 Pembuatan kurva kalibrasi

- a) Optimalkan alat spektrofotometer sesuai dengan petunjuk alat untuk pengujian kadar surfaktan anionik
- b) Ambil masing-masing 100 mL larutan blanko dan larutan kerja dengan kadar surfaktan anionik 0,4 mg/L; 0,8 mg/L; 1,2 mg/L dan 2,0 mg/L kemudian masing-masing masukkan ke dalam corong pemisah 250 mL
- c) Tambahkan masing-masing larutan biru metilen sebanyak 25 mL
- d) Tambahkan masing-masing 10 mL kloroform, kocok kuat-kuat selama 30 detik sekali-kali buka tutup corong untuk mengeluarkan gas
- e) Biarkan hingga terjadi pemisahan fasa, goyangkan corong pemisah perlahan-lahan, jika terbentuk emulsi tambahkan sedikit isopropil alkohol sampai emulsinya hilang
- f) Pisahkan lapisan bawah (fasa kloroform) dan tampung dalam corong pemisah yang lain
- g) Ekstraksi kembali fasa air dalam corong pisah dengan mengulangi langkah A.4.4 d) sampai f) sebanyak 2 kali dan satukan semua fasa kloroform
- h) Tambahkan 50 mL larutan pencuci ke dalam fasa kloroform gabungan dan kocok kuat-kuat selama 30 detik
- i) Biarkan terjadi pemisahan fasa, goyangkan perlahan-lahan;
- j) Keluarkan lapisan bawah (kloroform) melalui *glass wool*, dan ditampung ke dalam labu ukur pada langkah j)
- k) Tambahkan 10 mL kloroform ke dalam fasa air hasil pengerjaan pada langkah j); kocok kuat-kuat selama 30 detik

- l) Biarkan terjadi pemisahan fasa, goyangkan perlahan-lahan
- m) Keluarkan lapisan bawah (kloroform) melalui *glass wool*, dan ditampung ke dalam labu pada langkah j)
- n) Ekstraksi kembali fasa air dalam corong pisah dengan mengulangi langkah 3.4.4 k) sampai m) dan satukan semua fasa kloroform dalam labu ukur pada langkah j)
- o) Cuci *glass wool* dengan kloroform sebanyak 10 mL dan gabungkan dengan fasa kloroform dalam labu ukur pada langkah j)
- p) Tepatkan isi labu ukur pada langkah j) hingga tanda tera dengan kloroform
- q) Ukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 652 nm dan catat serapannya.

Catatan: Pengukuran dilakukan tidak lebih dari 3 jam setelah ekstraksi

- r) Buat kurva kalibrasi dari butir q) di atas atau tentukan persamaan garis lurusnya.

A.5 Prosedur uji

- a) Ukur contoh uji sebanyak 100 mL secara duplo dan masukkan ke dalam corong pemisah 250 mL
- b) Tambahkan 3 tetes sampai dengan 5 tetes indikator fenoltalin dan larutan NaOH 1N tetes demi tetes ke dalam contoh uji sampai timbul warna merah muda, kemudian hilangkan dengan menambahkan H₂SO₄ 1N tetes demi tetes
- c) Selanjutnya lakukan langkah 3.4.4 c) sampai q).

Catatan: Bila kadar surfaktan anionik dalam contoh 0,08 mg/L - 0,4 mg/L, maka volume contoh uji yang diambil 250 mL dan bila kadar surfaktan anionik dalam contoh 0,025 mg/L - 0,08 mg/L, maka volume contoh uji yang diambil 400 mL.

A.6 Perhitungan

Kadar surfaktan anionik (mg/L) = $C \times fp$
dengan pengertian:

C adalah kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L);
fp adalah faktor pengenceran.

B. Analisis Fosfat

B.1 Prinsip

Fosfat bereaksi dengan ammonium molibdat membentuk asam fosfat molibdat yang bila tereduksi oleh timah klorida akan menghasilkan warna biru, yang intensitasnya berbanding langsung dengan jumlah fosfat yang ada.

B.2 Bahan

- a) Larutan amonium molibdat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
Timbang 12,5 g ammonium molibdat. Larutkan dengan sedikit aquadest. Tambahkan asam sulfat pekat 140 mL. Larutkan semua bahan ke dalam labu ukur 500 mL.
- b) Larutan klorid timah (SnCl_2)
Timbang $\text{SnCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 2,5 g. Siapkan gliserol 100 mL. Campurkan kedua bahan tersebut, kemudian aduk hingga warna berubah menjadi putih susu. Setelah itu dipanaskan, aduk hingga larutan bening.

B.3 Peralatan

- a) spektrofotometer
- b) timbangan analitik
- c) erlenmeyer 125 mL
- d) labu ukur 100 mL; 250 mL dan 1000 mL
- e) gelas ukur 25 mL dan 50 mL
- f) pipet ukur 10 mL
- g) pipet volumetrik 2 mL; 5 mL; 10 mL; 20 mL dan 25 mL
- h) gelas piala 1000 mL
- i) pipet tetes

B.4 Persiapan pengujian

B.4.1 Pembuatan larutan induk fosfat 500 mg P/L

- a) Larutkan 2,195 g kalium dihidrogen fosfat anhidrat, KH_2PO_4 dengan 100 mL air suling dalam labu ukur 1000 mL
- b) Tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera dan dihomogenkan.

B.4.2 Pembuatan larutan baku fosfat 10 mg P/L

- a) Pipet 2 mL larutan induk fosfat 500 mg P/L dan masukkan ke dalam labu ukur 100 mL;

- b) Tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera dan dihomogenkan.

B.4.3 Pembuatan larutan kerja fosfat

- a) Pipet 0 mL; 5 mL; 10 mL; 20 mL dan 25 mL larutan baku fosfat yang mengandung 10 mg P/L dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 250 mL;
- b) Tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh kadar fosfat 0,0 mg P/L; 0,2 mg P/L; 0,4 mg P/L; 0,8 mg P/L dan 1,0 mg P/L.

B.4.4 Pembuatan kurva kalibrasi

- a) Optimalkan alat spektrofotometer sesuai dengan petunjuk alat untuk pengujian kadar fosfat;
- b) Pipet 25 mL larutan kerja dan masukkan masing-masing ke dalam erlenmeyer 100 mL
- c) Tambahkan 1 mL larutan ammonium molibdat
- d) Tambahkan 2-3 tetes klorid timah
- e) Aduk dan biarkan selama 7 menit
- e) Masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapannya pada panjang gelombang 700 nm dan blanko yang digunakan adalah aquadest dengan penambahan reagen seperti pada sampel
- f) Buat kurva kalibrasi dari data e) di atas atau tentukan persamaan garis lurusnya

B.5 Prosedur

- a) Optimalkan alat spektrofotometer sesuai dengan petunjuk alat untuk pengujian kadar fosfat;
- b) Pipet 25 mL larutan kerja dan masukkan masing-masing ke dalam erlenmeyer 100 mL
- c) Tambahkan 1 mL larutan ammonium molibdat
- d) Tambahkan 2-3 tetes klorid timah
- e) Aduk dan biarkan selama 7 menit
- e) Masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapannya pada panjang gelombang 700 nm dan blanko yang digunakan adalah aquadest dengan penambahan reagen seperti pada sampel
- f) Hitung nilai fosfat dengan kurva kalibrasi yang dihasilkan

C. Analisis TSS (*Total Suspended Solid*)

C.1 Prinsip

Contoh uji yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu 103°C sampai dengan 105°C. Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Jika padatan tersuspensi menghambat saringan dan memperlama penyaringan, diameter pori-pori saringan perlu diperbesar atau mengurangi volume contoh uji. Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total.

C.2 Bahan

- a) Kertas saring (glass-fiber filter) Whatman Grade 934 AH, dengan ukuran pori (Particle Retention) 1,5 μm (*Standard for TSS in water analysis*).
- b) Air suling.

C.3 Peralatan

- a) Desikator yang berisi silika gel;
- b) Oven, untuk pengoperasian pada suhu 103°C sampai dengan 105°C;
- c) Timbangan analitik
- d) Pipet volume
- e) Gelas ukur
- f) Cawan petri
- g) Penjepit
- h) Pompa vacuum.

C.4 Persiapan pengujian

Persiapan kertas saring dan cawan petri

Keringkan kertas saring dan cawan petri dalam oven pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator selama 15 menit kemudian timbang.

C.5 Prosedur

- a) Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.

- b) Aduk contoh uji untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
- c) Pipet contoh uji dengan volume tertentu (25 mL)
- d) Cuci kertas saring atau saringan dengan air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- e) Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga.
- f) Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.

D. Analisis TSS (*Total Suspended Solid*)

D.1 Prinsip

Metode pengukuran pH berdasarkan pengukuran aktifitas ion hidrogen secara potensiometri/elektrometri dengan menggunakan pH meter.

D.2 Bahan

Larutan penyangga (*buffer*)

Larutan penyangga 4, 7 dan 10 yang siap pakai dan tersedia dipasaran, atau dapat juga dibuat dengan cara sebagai berikut:

- a) Larutan penyangga, pH 4,004 (25⁰C).
Timbangkan 10,12 g kalium hidrogen ptalat, $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$, larutkan dalam 1000 mL air suling.
- b) Larutan penyangga, pH 6,863 (25⁰C).
Timbangkan 3,387 g kalium dihidrogen fosfat, KH_2PO_4 dan 3,533 g dinatrium hidrogen fosfat, Na_2HPO_4 , larutkan dalam 1000 mL air suling.
- c) Larutan penyangga, pH 10,014 (25⁰C).
Timbangkan 2,092 g natrium hidrogen karbonat, NaHCO_3 dan 2,640 g natrium karbonat, Na_2CO_3 , larutkan dalam 1000 mL air suling.

D.3 Peralatan

- a) pH meter dengan perlengkapannya;
- b) Gelas piala 250 mL
- c) Kertas tissue;
- d) Timbangan analitik
- e) Gelas ukur/ pipet volumetrik

D.4 Persiapan pengujian

- a) Lakukan kalibrasi alat pH-meter dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat setiap kali akan melakukan pengukuran.
- b) Untuk contoh uji yang mempunyai suhu tinggi, kondisikan contoh uji sampai suhu kamar.

D.5 Prosedur

- a) Keringkan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling.
- b) Bilas elektroda dengan contoh uji.
- c) Celupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
- d) Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 3 REKAPITULASI DATA

Tabel L.3 Konsentrasi Surfaktan Penelitian Pendahuluan

	Perbandingan KS	Absorbansi (A)	Pengenceran	Surfaktan (mg/L)
Awal	-	0,188	10	6,354
30 menit	1:1	0,163	10	5,527
	2:1	0,116	10	3,974
	3:1	0,141	10	4,800
	4:1	0,093	10	3,213
	5:1	0,068	10	2,387
	6:1	0,067	10	2,354
60 menit	1:1	0,152	10	5,164
	2:1	0,091	10	3,147
	3:1	0,099	10	3,412
	4:1	0,048	10	1,726
	5:1	0,051	10	1,825
	6:1	0,032	10	1,197
90 menit	1:1	0,127	10	4,337
	2:1	0,063	10	2,221
	3:1	0,055	10	1,957
	4:1	0,037	10	1,362
	5:1	0,04	10	1,461
	6:1	0,023	10	0,899
120 menit	1:1	0,098	10	3,379
	2:1	0,044	10	1,593
	3:1	0,029	10	1,098
	4:1	0,016	10	0,668
	5:1	0,009	10	0,436
	6:1	0,007	10	0,370

Tabel L.4 Konsentrasi Fosfat Penelitian Pendahuluan

	Perbandingan KS	Absorbansi (A)	Pengenceran	Fosfat (mg/L)
Awal	-	0,187	10	2,683
30 menit	1:1	1,934	1	2,313
	2:1	2,046	1	2,445
	3:1	2,039	1	2,437
	4:1	1,866	1	2,232
	5:1	2,008	1	2,400
	6:1	1,433	1	1,719
60 menit	1:1	0,032	25	1,510
	2:1	0,056	25	2,220
	3:1	0,053	25	2,131
	4:1	0,051	25	2,072
	5:1	0,047	25	1,954
	6:1	0,033	25	1,539
90 menit	1:1	0,023	25	1,243
	2:1	0,044	25	1,865
	3:1	0,024	25	1,273
	4:1	0,029	25	1,421
	5:1	0,041	25	1,776
	6:1	0,013	25	0,947
120 menit	1:1	0,082	5	0,598
	2:1	0,063	5	0,485
	3:1	0,041	5	0,355
	4:1	0,046	5	0,385
	5:1	0,029	5	0,284
	6:1	0,024	5	0,255

Tabel L.5 Konsentrasi TSS Penelitian Pendahuluan

	Perbandingan KS	Berat kertas (g)	Berat kering (g)	TSS (mg/L)
Awal	-	0,2013	0,2017	16
30 menit	1:1	0,1997	0,202	92
	2:1	0,2055	0,2087	128
	3:1	0,1995	0,2044	196
	4:1	0,1902	0,1976	296
	5:1	0,1955	0,2031	304
	6:1	0,1946	0,2031	340
60 menit	1:1	0,1946	0,1976	120
	2:1	0,1938	0,1982	176
	3:1	0,1925	0,1986	244
	4:1	0,1968	0,2021	212
	5:1	0,1958	0,2024	264
	6:1	0,1972	0,2039	268
90 menit	1:1	0,1935	0,1966	124
	2:1	0,1914	0,1952	152
	3:1	0,1993	0,2049	224
	4:1	0,1951	0,2002	204
	5:1	0,1979	0,2027	192
	6:1	0,2007	0,2064	228
120 menit	1:1	0,1985	0,2007	88
	2:1	0,201	0,2046	144
	3:1	0,1994	0,2029	140
	4:1	0,1986	0,2017	124
	5:1	0,2025	0,2059	136
	6:1	0,2006	0,2044	152

Tabel L.6 Konsentrasi pH Penelitian Pendahuluan

	Perbandingan KS	pH
Awal	-	7,43
30 menit	1:1	8,77
	2:1	9,02
	3:1	9,79
	4:1	12,31
	5:1	12,38
	6:1	12,34
60 menit	1:1	8,78
	2:1	12,63
	3:1	12,59
	4:1	12,36
	5:1	12,33
	6:1	12,64
90 menit	1:1	9,82
	2:1	12,52
	3:1	12,55
	4:1	12,65
	5:1	12,71
	6:1	12,87
120 menit	1:1	9,05
	2:1	12,49
	3:1	12,54
	4:1	12,66
	5:1	12,7
	6:1	12,84

Tabel L.7 Konsentrasi Surfaktan Penelitian Utama

10 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Absorbansi (A)	Pengenceran	Surfaktan (mg/L)
Awal	-	0,124	10	4,238
1 cm	0	0,134	2	0,914
	1	0,132	2	0,900
	2	0,129	2	0,881
	3	0,117	2	0,801
	4	0,108	2	0,742
1,5 cm	0	0,219	2	1,476
	1	0,201	2	1,357
	2	0,184	2	1,244
	3	0,144	2	0,980
	4	0,121	2	0,828
2 cm	0	0,284	2	1,905
	1	0,256	2	1,720
	2	0,213	2	1,436
	3	0,187	2	1,264
	4	0,169	2	1,145

12 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Absorbansi (A)	Pengenceran	Surfaktan (mg/L)
Awal	-	0,117	10	4,007
1 cm	0	0,126	2	0,861
	1	0,121	2	0,828
	2	0,116	2	0,795
	3	0,104	2	0,715
	4	0,099	2	0,682
1,5 cm	0	0,204	2	1,377
	1	0,198	2	1,337
	2	0,146	2	0,993
	3	0,121	2	0,828
	4	0,109	2	0,748
2 cm	0	0,285	2	1,912
	1	0,254	2	1,707
	2	0,216	2	1,456
	3	0,178	2	1,205
	4	0,133	2	0,907

14 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Absorbansi (A)	Pengenceran	Surfaktan (mg/L)
Awal	-	0,143	10	4,866
1 cm	0	0,14	2	0,953
	1	0,112	2	0,768
	2	0,099	2	0,682
	3	0,078	2	0,543
	4	0,047	2	0,339
1,5 cm	0	0,142	2	0,967
	1	0,113	2	0,775
	2	0,097	2	0,669
	3	0,092	2	0,636
	4	0,089	2	0,616
2 cm	0	0,129	2	0,881
	1	0,123	2	0,841
	2	0,112	2	0,768
	3	0,109	2	0,748
	4	0,108	2	0,742

Tabel L.8 Konsentrasi Fosfat Penelitian Utama

10 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Absorbansi (A)	Pengenceran	Fosfat (mg/L)
Awal	-	0,284	2,5	2,190
1 cm	0	0,083	5	1,058
	1	0,054	5	0,579
	2	0,047	5	0,463
	3	0,036	5	0,281
	4	0,027	5	0,132
1,5 cm	0	0,078	5	0,975
	1	0,041	5	0,364
	2	0,036	5	0,281
	3	0,034	5	0,248
	4	0,029	5	0,165

10 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Absorbansi (A)	Pengenceran	Fosfat (mg/L)
2 cm	0	0,093	5	1,223
	1	0,049	5	0,496
	2	0,041	5	0,364
	3	0,033	5	0,231
	4	0,032	5	0,215

12 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Absorbansi (A)	Pengenceran	Fosfat (mg/L)
Awal	-	0,667	1	2,142
1 cm	0	0,169	1	0,496
	1	0,163	1	0,476
	2	0,132	1	0,374
	3	0,084	1	0,215
	4	0,056	1	0,122
1,5 cm	0	0,215	1	0,648
	1	0,198	1	0,592
	2	0,123	1	0,344
	3	0,068	1	0,162
	4	0,057	1	0,126
2 cm	0	0,228	1	0,691
	1	0,209	1	0,628
	2	0,173	1	0,509
	3	0,097	1	0,258
	4	0,059	1	0,132

14 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Absorbansi (A)	Pengenceran	Fosfat (mg/L)
Awal	-	0,166	5	2,430
1 cm	0	0,063	5	0,727
	1	0,038	5	0,314
	2	0,033	5	0,231
	3	0,024	5	0,083
	4	0,02	5	0,017

14 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Absorbansi (A)	Pengenceran	Fosfat (mg/L)
1,5 cm	0	0,036	5	0,281
	1	0,029	5	0,165
	2	0,025	5	0,099
	3	0,022	5	0,050
	4	0,021	5	0,033
2 cm	0	0,052	5	0,545
	1	0,05	5	0,512
	2	0,044	5	0,413
	3	0,032	5	0,215
	4	0,029	5	0,165

Tabel L.9 Konsentrasi TSS Penelitian Utama

10 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Berat kertas (g)	Berat kering (g)	TSS (mg/L)
Awal	-	0,2097	0,2114	68
1 cm	0	0,2081	0,2132	204
	1	0,2042	0,2083	164
	2	0,2124	0,2164	160
	3	0,2096	0,2135	156
	4	0,2042	0,2077	140
1,5 cm	0	0,2058	0,2113	220
	1	0,2046	0,2095	196
	2	0,2133	0,2178	180
	3	0,2134	0,2176	168
	4	0,2069	0,2101	128
2 cm	0	0,2054	0,2103	196
	1	0,2133	0,2172	156
	2	0,2136	0,2172	144
	3	0,216	0,2194	136
	4	0,2132	0,2163	124

12 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Berat kertas (g)	Berat kering (g)	TSS (mg/L)
Awal	-	0,2123	0,2143	80
1 cm	0	0,2006	0,2084	312
	1	0,2165	0,2233	272
	2	0,2174	0,2241	268
	3	0,2172	0,2237	260
	4	0,2096	0,2153	228
1,5 cm	0	0,2066	0,2141	300
	1	0,2063	0,2135	288
	2	0,2142	0,2199	228
	3	0,2201	0,2256	220
	4	0,2107	0,2154	188
2 cm	0	0,2115	0,2192	308
	1	0,2067	0,2138	284
	2	0,2185	0,2255	280
	3	0,208	0,2141	244
	4	0,2066	0,2112	184

14 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Berat kertas (g)	Berat kering (g)	TSS (mg/L)
Awal	-	0,2091	0,2104	52
1 cm	0	0,1922	0,1999	308
	1	0,1953	0,2024	284
	2	0,2093	0,2161	272
	3	0,211	0,2176	264
	4	0,2117	0,2181	256
1,5 cm	0	0,2076	0,2149	292
	1	0,2114	0,2186	288
	2	0,2133	0,2198	260
	3	0,2066	0,2123	228

	4	0,1949	0,2004	220
10 jam	Waktu Pengendapan (jam)	Berat kertas (g)	Berat kering (g)	TSS (mg/L)
2 cm	0	0,2108	0,218	288
	1	0,211	0,2176	264
	2	0,2123	0,2185	248
	3	0,2082	0,2136	216
	4	0,207	0,2122	208

Tabel L.10 Konsentrasi pH Penelitian Utama

Kapur : Semen	6 jam	Waktu Pengendapan (jam)				
	Awal	0	1	2	3	4
1	7,64	12,71	12,71	12,71	12,65	12,62
1,5	7,64	12,65	12,65	12,63	12,6	12,58
2	7,64	12,54	12,51	12,47	12,47	12,43
Kapur : Semen	8 jam	Waktu Pengendapan (jam)				
	Awal	0	1	2	3	4
1	7,36	12,6	12,55	12,51	12,41	12,37
1,5	7,36	12,6	12,53	12,42	12,34	12,34
2	7,36	12,55	12,47	12,46	12,35	12,31
Kapur : Semen	10 jam	Waktu Pengendapan (jam)				
	Awal	0	1	2	3	4
1	7,31	12,63	12,58	12,55	12,49	12,48
1,5	7,31	12,58	12,54	12,49	12,48	12,47
2	7,31	12,57	12,57	12,55	12,54	12,47

Tabel L.11 Uji Normalitas

Efisiensi Penurunan Surfaktan Variasi Waktu Operasional Diameter 1 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	82,50	-3,6738585	13,49723653	-49,58693761	182,1753939
2	82,97	-3,1996613	10,23783274	-32,75759773	104,8132193
3	93,04	6,87351988	47,24527558	324,741341	2232,116064
		Σ =	70,98034485	242,3968057	2519,104678

Mean	86,17
n	3
Skewness	0,003050177
E.E. Kurtosis	1,5
JB	0,281254652
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Efisiensi Penurunan Surfaktan Variasi Waktu Operasional Diameter 1,5 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	80,47	-2,57	6,623847776	-17,04768904	43,87535936
2	81,32	-1,72	2,963804661	-5,102398391	8,784138066
3	87,34	4,30	18,44920781	79,24403555	340,3732688
		∑ =	28,03686025	57,09394812	393,0327663

Mean	83,04170242
n	3
Skewness	0,011657743
E.E. Kurtosis	1,5
JB	0,281317951
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Efisiensi Penurunan Surfaktan Variasi Waktu Operasional Diameter 2 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	72,98	-5,39	29,0008543	-156,1766803	841,0495501
2	77,36	-1,01	1,010482008	-1,015764142	1,021073888
3	84,76	6,39	40,83812558	260,9748763	1667,752501
		∑ =	70,84946189	103,7824319	2509,823125

Mean	78,36
n	3
Skewness	0,001313187
E.E. Kurtosis	1,5
JB	0,281250862
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Efisiensi Penurunan Fosfat Variasi Waktu Operasional Diameter 1 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	93,96	-1,895107682	3,591433126	-6,806152507	12,8983919
2	94,29	-1,567248376	2,456267473	-3,849581208	6,033249897
3	99,32	3,462356058	11,98790947	41,50641099	143,7099735
		$\Sigma =$	18,03561007	30,85067728	162,6416153

Mean	95,85737183
n	3
Skewness	0,023663812
E.E. Kurtosis	1,5
JB	0,281529988
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Efisiensi Penurunan Fosfat Variasi Waktu Operasional Diameter 1,5 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	92,45	-2,62	6,881174522	-18,05069213	47,35056281
2	94,14	-0,94	0,884026832	-0,831185906	0,78150344
3	98,64	3,56	12,69800701	45,24841217	161,2393821
		$\Sigma =$	20,46320837	26,36653414	209,3714483

Mean	95,07602948
n	3
Skewness	0,013846639
E.E. Kurtosis	1,5
JB	0,281345865
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Efisiensi Penurunan Fosfat Variasi Waktu Operasional Diameter 2 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	90,19	-2,22	4,909298299	-10,87750101	24,10120979
2	93,83	1,42	2,024324584	2,880183937	4,097890021
3	93,20	0,79	0,628699969	0,498499995	0,395263651
		$\Sigma =$	7,562322852	-7,498817076	28,59436346

Mean	92,40437288
n	3
Skewness	-0,078026052
E.E. Kurtosis	1,5
JB	0,284294032
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Efisiensi Peningkatan TSS Variasi Waktu Operasional Diameter 1 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	140	-68	4624	-314432	21381376
2	228	20	400	8000	160000
3	256	48	2304	110592	5308416
		Σ =	7328	-195840	26849792

Mean	208
n	3
Skewness	-2,23953E-06
E.E. Kurtosis	1,5
JB	0,28125
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Efisiensi Peningkatan TSS Variasi Waktu Operasional Diameter 1,5 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	128	-50,66666667	2567,1111	-130066,963	6590059,457
2	188	9,333333333	87,1111	813,037037	7588,345679
3	220	41,33333333	1708,4444	70615,7037	2918782,42
		Σ =	4362,666667	-58638,22222	9516430,222

Mean	178,6666667
n	3
Skewness	-3,17788E-06
E.E. Kurtosis	1,5
JB	0,28125
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Efisiensi Peningkatan TSS Variasi Waktu Operasional Diameter 2 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	124	-48	2304	-110592	5308416
2	184	12	144	1728	20736
3	208	36	1296	46656	1679616
		$\Sigma =$	3744	-62208	7008768

Mean	172
n	3
Skewness	-5,33398E-06
E.E. Kurtosis	1,5
JB	0,28125
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Efisiensi Peningkatan pH Variasi Waktu Operasional Diameter 1 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	65,18	-25769,03592	664043212,3	-1,71118E+13	4,40953E+17
2	68,07	-25766,14851	663894409,3	-1,7106E+13	4,40756E+17
3	70,73	-25763,49413	663757629,9	-1,71007E+13	4,40574E+17
		$\Sigma =$	1991695251	-5,13185E+13	1,32228E+18

Mean	67,99297748
n	3
Skewness	-2,92292E-14
E.E. Kurtosis	1,000000031
JB	0,499999985
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Efisiensi Peningkatan pH Variasi Waktu Operasional Diameter 1,5 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	64,66	-25769,55948	664070195,8	-1,71128E+13	4,40989E+17
2	67,66	-25766,55612	663915414,4	-1,71068E+13	4,40784E+17
3	70,59	-25763,63093	663764678,8	-1,7101E+13	4,40584E+17
		$\Sigma =$	1991750289	-5,13206E+13	1,32236E+18

Mean	67,63698821
n	3
Skewness	-2,9228E-14
E.E. Kurtosis	1,000000035
JB	0,499999982
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Efisiensi Peningkatan pH Variasi Waktu Operasional Diameter 2 cm					
No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	62,70	-25771,52283	664171389,1	-1,71167E+13	4,41124E+17
2	67,26	-25766,96373	663936420	-1,71076E+13	4,40812E+17
3	70,59	-25763,63093	663764678,8	-1,7101E+13	4,40584E+17
		$\Sigma =$	1991872488	-5,13253E+13	1,32252E+18

Mean	66,84666839
n	3
Skewness	-2,92253E-14
E.E. Kurtosis	1,000000063
JB	0,499999968
Chi Square	5,9915
JB < Chi	Ho diterima
Sampel berdistribusi normal	

Tabel L.12 Uji Homogenitas

Surfaktan		
	<i>Removal</i>	Luas Permukaan
Mean	0,7864795	0,80550055
Variance	0,0025125	0,000831436
Observations	3	3
df	2	2
F	3,021864	
P(F<=f) one-tail	0,2486409	
F Critical one-tail	19	
Homogen bila F < F critical		

Fosfat		
	<i>Removal</i>	Luas Permukaan
Mean	0,92201258	25834,21917
Variance	0,00036075	28857069,94
Observations	3	3
df	2	2
F	1,2501E-11	
P(F<=f) one-tail	1,2501E-11	
F Critical one-tail	0,05263158	

TSS		
	Peningkatan	Luas Permukaan
Mean	0,9215686	25834,21917
Variance	0,0149942	28857069,94
Observations	3	3
df	2	2
F	5,196E-10	
P(F<=f) one-tail	5,196E-10	
F Critical one-tail	0,0526316	

pH		
	Peningkatan	Luas Permukaan
Mean	0,64179756	25834,21917
Variance	0,00017189	28857069,94
Observations	3	3
df	2	2
F	5,9567E-12	
P(F<=f) one-tail	5,9568E-12	
F Critical one-tail	0,05263158	

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Banjarmasin, 12 Juli 1998, merupakan anak kedua dari 2 (dua) bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan dasar pada tahun 2004 - 2009 di SD St. Fransiskus Assisi Samarinda dan SD Santa Maria Banjarmasin. Dilanjutkan Pendidikan pertama di SMP Negeri 6 Banjarmasin pada tahun 2010 – 2012 sedangkan Pendidikan menengah atas ditempuh di SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya tahun 2012 - 2015. Penulis melanjutkan Pendidikan S1 di Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh

Nopember Surabaya pada tahun 2015 dengan NRP 03211540000103.

Selama menjadi mahasiswi, penulis pernah menjadi bagian dari beberapa kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan ITS. Penulis pernah aktif menjadi anggota Departemen Kesejahteraan Mahasiswa dan penanggung jawab Tim Persekutuan Doa Teknik Lingkungan. Penulis juga aktif sebagai asisten laboratorium Kimia Lingkungan I. Penulis pernah melaksanakan kerja praktik di PDAM Kota Mojokerto tahun 2018. Penulis mengharapkan saran dan masukan pembaca guna kebaikan bagi penulis. Penulis dapat dihubungi melalui surel theresiaangelag@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”