



TUGAS AKHIR - RE 184804

PENURUNAN KONSENTRASI POLUTAN PADA AIR LIMBAH PENCUCIAN MOBIL MENGGUNAKAN MEDIA KAPUR-SEMEN

FARAH AULIA PRASANTI
0321154000067

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 - RE 184804

**PENURUNAN KONSENTRASI POLUTAN PADA AIR
LIMBAH PENCUCIAN MOBIL MENGGUNAKAN MEDIA
KAPUR-SEMEN**

FARAH AULIA PRASANTI
0321154000067

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 - RE 184804

POLLUTANT CONCENTRATION REDUCTION OF CAR WASH WASTEWATER USING LIME-CEMENT MEDIA

FARAH AULIA PRASANTI
03211540000067

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 KONSENTRASI POLUTAN PADA AIR LIMBAH PENCUCIAN MOBIL MENGGUNAKAN MEDIA KAPUR-SEMEN

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

FARAH AULIA PRASANTI
NRP. 0321154000067

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc
NIP. 19590811 198701 1 001



PENURUNAN KONSENTRASI POLUTAN PADA AIR LIMBAH PENCUCIAN MOBIL MENGGUNAKAN MEDIA KAPUR-SEMEN

Nama : Farah Aulia Prasanti
NRP : 03211540000067
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc

ABSTRAK

Tingginya penggunaan kendaraan bermotor terutama mobil menjadikan bisnis usaha pencucian mobil banyak didirikan. Usaha pencucian mobil kini banyak ditemukan di berbagai daerah di Indonesia. Dalam praktiknya, dibutuhkan bahan pembersih untuk membersihkan bagian-bagian mobil. Air limbah yang dihasilkan dari pencucian mobil dapat dipastikan mengandung zat kimia pembersih dan kotoran dari bagian-bagian mobil itu sendiri. Pembuangan air limbah pencucian mobil yang tidak diolah terlebih dahulu dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan. Air limbah pencucian mobil memiliki kandungan surfaktan yang merupakan komponen utama pada bahan pembersih. Apabila air limbah pencucian mobil ini langsung dibuang pada saluran yang menuju badan air maka dapat menyebabkan penurunan kualitas badan air. Oleh karena itu, diperlukan suatu alternatif teknologi pengolahan yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah pencucian mobil sebelum dibuang ke saluran yang menuju badan air. Salah satu alternatif teknologi pengolahan yang dapat digunakan adalah media kapur-semen sebagai media artifisial. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji media kapur-semen sebagai media artifisial dalam menurunkan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil.

Pada penelitian ini, sampel air limbah pencucian mobil diambil dari salah satu usaha pencucian mobil di Sidoarjo. Penelitian diawali dengan karakterisasi air limbah pencucian mobil tersebut. Parameter yang dianalisis meliputi surfaktan, TSS, pH,

COD, serta minyak dan lemak. Selanjutnya dilakukan penelitian pendahuluan secara *batch* menggunakan *jar test*. Media kapur-semen dibuat dengan variasi rasio 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, dan 6:1. Penelitian pendahuluan ini bertujuan untuk mendapatkan rasio media kapur-semen yang nantinya akan digunakan untuk penelitian utama. Proses operasional reaktor dalam penelitian utama dilakukan secara *continuous* dengan variasi waktu detensi 6 jam, 7 jam, dan 8 jam serta dilanjutkan dengan proses pengendapan selama 4 jam. Selain itu, variasi yang digunakan adalah variasi diameter media kapur-semen sebesar 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm.

Hasil karakterisasi air limbah pencucian mobil memiliki kandungan surfaktan sebesar 20,36 mg/L, TSS sebesar 132 mg/L, pH sebesar 7,70, COD sebesar 520 mg/L, serta minyak dan lemak sebesar 18 mg/L. Rasio kapur-semen yang dipilih untuk digunakan pada penelitian utama berdasarkan penelitian pendahuluan adalah 1:1. Hasil penelitian utama yang didapatkan yaitu efisiensi penurunan konsentrasi surfaktan, COD, serta minyak dan lemak yang terbaik yaitu pada penggunaan media kapur-semen dengan diameter 1 cm dan waktu operasional 12 jam. Persentase penurunan konsentrasi surfaktan yang didapatkan sebesar 87,77%, COD sebesar 79,31%, serta minyak dan lemak sebesar 80,00%. Adapun untuk efisiensi penurunan konsentrasi TSS yang terbaik didapatkan dari penggunaan media kapur-semen dengan diameter 2 cm dan waktu operasional 10 jam yaitu sebesar 38,24%.

Kata kunci : air limbah, COD, kapur, minyak dan lemak, pencucian mobil, pH, semen, surfaktan, TSS

POLLUTANT CONCENTRATION REDUCTION OF CAR WASH WASTEWATER USING LIME-CEMENT MEDIA

Name of Student : Farah Aulia Prasanti
Registration Number : 0321154000067
Study Programme : Environmental Engineering
Advisor : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc

ABSTRACT

The high used of vehicles, especially cars, has made the business of car washing widely established. Car washing businesses are now found in various regions in Indonesia. Cleaning agents are needed in the process of car washing. Wastewater that generated from car washing can certainly contain any chemical substances and dirt from the parts of the car itself. Disposal of non-processed car wash wastewater can cause problems for the environment. Car wash wastewater contains surfactants which are the main component of cleaning agents. If the car wash wastewater is directly discharged on the channel leading to water bodies, it can cause a decrease in the quality of water bodies. Therefore, an alternative treatment is needed that can be used to treat car wash wastewater before being discharged into the channel leading to the water bodies. One alternative treatment that can be used is lime-cement media as an artificial medium. This research was conducted to study about lime-cement media as an artificial medium in reducing the concentration of pollutants in car wash wastewater.

In this study, samples of car wash wastewater were taken from one of the car wash businesses in Sidoarjo. The research will begin with the characterization of car wash wastewater. The parameters analyzed included surfactant, TSS, pH, COD, oil and grease. Next, a preliminary study is carried out in batch using the jar test. Lime-cement media is made with various in ratio of 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, and 6:1. This preliminary study aims to obtain a ratio of lime-cement media which will later be used for the main

research. The operational process of reactor in the main research was carried out continuously with variations in detention time of 6 hours, 7 hours, and 8 hours, continued with sedimentation process for 4 hours, and also variations in diameter of the lime-cement media 1 cm, 1,5 cm, and 2 cm.

The results of car wash wastewater characterization are 20,36 mg/L of surfactant, 132 mg/L of TSS, pH 7,70, 520 mg/L of COD, and 18 mg/L of oil and grease. The lime-cement ratio that chosen for use in the main study based on preliminary research is 1:1. The main research results obtained that the best efficiency of decreasing surfactant, COD, and also oil and grease concentration was from the use of lime-cement media with a diameter of 1 cm and at 12 hours operational time. It was able to reduce the concentration of surfactant by 87,77%, COD by 79,31%, and also oil and grease by 80,00%. But, the best efficiency of decreasing TSS concentration was from the use of lime-cement media with a diameter of 2 cm and at 10 hours operational time. It was able to reduce the concentration of TSS by 38,24%.

Key words : car washing, cement, COD, lime, oil and grease, pH, surfactant, TSS, wastewater

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkah, rahmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Penurunan Konsentrasi Polutan Pada Air Limbah Pencucian Mobil Menggunakan Media Kapur-Semen”**. Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir, atas kesediaan, kesabaran, bimbingan, dan ilmu yang diberikan.
2. Bapak Welly Herumurti, S.T, M.Sc selaku koordinator tugas akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam pelaksanaan tugas akhir.
3. Ibu Bieby Voiyant Tangahu, S.T, M.T, Ph.D, Ibu I D A A Warmadewanthi, S.T, M.T, Ph.D, Bapak Welly Herumurti, S.T, M.Sc, Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, S.T, M.T, Ph.D, dan Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T, M.T, Ph.D selaku dosen pengarah tugas akhir yang telah memberikan saran, arahan, dan bimbingannya.
4. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah S.T, M.T, Ph.D selaku dosen wali, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan dan motivasi selama masa perkuliahan.
5. Ibu Wisye selaku pemilik usaha pencucian mobil yang telah memberikan bantuan untuk kelancaran tugas akhir ini.
6. Bapak Hadi, Bapak Ashari, dan Bapak Edy selaku laboran yang telah membantu dan memfasilitasi penelitian di laboratorium.
7. Teman-teman angkatan 2015 yang selalu memberi semangat dan membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis juga berterima kasih kepada orang tua dan adik penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, perhatian, dan kasih sayangnya. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis

mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan di kemudian hari. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air Limbah.....	5
2.1.1 Definisi Air Limbah.....	5
2.1.2 Sumber Air Limbah.....	5
2.1.3 Karakteristik Air Limbah.....	6
2.2 Pencucian Mobil.....	7
2.3 Surfaktan.....	8
2.4 TSS.....	9
2.5 pH.....	10
2.6 COD.....	10
2.7 Minyak dan Lemak.....	11
2.8 Pengaliran.....	11
2.9 Presipitasi.....	12
2.10 Kapur dan Semen.....	12
2.10.1 Kapur.....	12
2.10.2 Semen.....	13
2.10.3 Pembuatan Media Kapur-Semen.....	14
2.11 Reaksi Kapur dengan Surfaktan.....	14
2.12 Penelitian Terdahulu.....	15
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	19

3.1	Umum	19
3.2	Kerangka Penelitian.....	19
3.3	Ide Penelitian	21
3.4	Studi Literatur	22
3.5	Penelitian Pendahuluan.....	22
3.5.1	Karakteristik Limbah	22
3.5.2	Pembuatan Media Kapur-Semen	23
3.5.3	Pengujian Media Kapur-Semen dengan <i>Jar Test</i>	24
3.5.3.1	Konsentrasi Surfaktan Selama Proses <i>Batch</i>	25
3.5.3.2	Konsentrasi TSS Selama Proses <i>Batch</i>	27
3.5.3.3	Nilai pH Selama Proses <i>Batch</i>	27
3.5.3.4	Konsentrasi COD Selama Proses <i>Batch</i>	29
3.5.3.5	Konsentrasi Minyak dan Lemak Selama Proses <i>Batch</i>	29
3.5.4	Pengulangan Pengujian Media Kapur-Semen dengan <i>Jar Test</i>	30
3.5.4.1	Konsentrasi Surfaktan Selama Pengulangan Proses <i>Batch</i>	32
3.5.4.2	Konsentrasi TSS Selama Pengulangan Proses <i>Batch</i>	34
3.5.4.3	Nilai pH Selama Pengulangan Proses <i>Batch</i>	35
3.5.4.4	Konsentrasi COD Selama Pengulangan Proses <i>Batch</i>	36
3.5.4.5	Konsentrasi Minyak dan Lemak Selama Pengulangan Proses <i>Batch</i>	37
3.6	Persiapan Penelitian.....	41
3.6.1	Pembuatan Media Kapur-Semen Rasio Terpilih	41
3.6.2	Pembuatan Reaktor	42
3.7	Penelitian Utama	46
3.7.1	Variabel Penelitian	46
3.7.2	Parameter Penelitian	47

3.7.3	Pengambilan Sampel	47
3.7.4	Operasional	48
3.8	Analisis Data dan Pembahasan	49
3.9	Kesimpulan dan Saran	50
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1	<i>Color Tracer Test</i>	51
4.2	Penelitian Utama	56
4.2.1	Pengoperasian Reaktor.....	56
4.2.2	Analisis Konsentrasi Surfaktan Menggunakan Media Kapur-Semen.....	58
4.2.3	Analisis Konsentrasi TSS Menggunakan Media Kapur-Semen.....	60
4.2.4	Analisis Nilai pH Menggunakan Media Kapur- Semen	61
4.2.5	Analisis Konsentrasi COD Menggunakan Media Kapur-Semen.....	63
4.2.6	Analisis Konsentrasi Minyak dan Lemak Menggunakan Media Kapur-Semen.....	65
4.3	Pengaruh Waktu Operasional dan Luas Permukaan Media	67
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN 1	PROSEDUR ANALISIS PARAMETER	81
LAMPIRAN 2	REKAPITULASI DATA PENELITIAN	93
BIOGRAFI PENULIS	117

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku Mutu Air Limbah Untuk Usaha dan/atau Kegiatan Pencucian Kendaraan Bermotor	7
Tabel 2.2	Penelitian Terdahulu	15
Tabel 3.1	Karakterisasi Awal.....	22
Tabel 3.2	Hasil ANOVA Untuk Parameter Surfaktan.....	39
Tabel 3.3	Hasil ANOVA Untuk Parameter TSS	39
Tabel 3.4	Hasil ANOVA Untuk Parameter pH.....	40
Tabel 3.5	Hasil ANOVA Untuk Parameter COD	40
Tabel 3.6	Hasil ANOVA Untuk Parameter Minyak dan Lemak	40
Tabel 3.7	Kriteria Desain.....	43
Tabel 3.8	Metode Pengujian Untuk Masing-Masing Parameter	47
Tabel 3.9	Penggunaan Reaktor	48
Tabel 4.1	Hasil Analisis Surfaktan Awal	58
Tabel 4.2	Hasil Analisis TSS Awal.....	60
Tabel 4.3	Hasil Analisis pH Awal	61
Tabel 4.4	Hasil Analisis COD Awal.....	63
Tabel 4.5	Hasil Analisis Minyak dan Lemak Awal	65
Tabel 4.6	Data Persentase Penurunan Konsentrasi Polutan Untuk ANOVA	68
Tabel 4.7	Data Persentase Peningkatan pH Untuk ANOVA ..	68
Tabel 4.8	Hasil ANOVA Untuk Parameter Surfaktan.....	69
Tabel 4.9	Hasil ANOVA Untuk Parameter COD	69
Tabel 4.10	Hasil ANOVA Untuk Parameter Minyak dan Lemak	69
Tabel 4.11	Hasil ANOVA Untuk Parameter TSS	69
Tabel 4.12	Hasil ANOVA Untuk Parameter pH.....	70

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	21
Gambar 3.2	Pembuatan Campuran Kapur-Semen	23
Gambar 3.3	Pencetakan Media Kapur-Semen	24
Gambar 3.4	Penelitian Pendahuluan Secara <i>Batch</i>	25
Gambar 3.5	Konsentrasi Surfaktan Selama Proses <i>Batch</i>	26
Gambar 3.6	Konsentrasi TSS Selama Proses <i>Batch</i>	27
Gambar 3.7	Nilai pH Selama Proses <i>Batch</i>	28
Gambar 3.8	Konsentrasi COD Selama Proses <i>Batch</i>	29
Gambar 3.9	Konsentrasi Minyak dan Lemak Selama Proses <i>Batch</i>	30
Gambar 3.10	Pengulangan Proses <i>Batch</i> Menggunakan Media Kapur-Semen Rasio 1:1	32
Gambar 3.11	Pengulangan Proses <i>Batch</i> Menggunakan Media Kapur-Semen Rasio 6:1	32
Gambar 3.12	Konsentrasi Surfaktan Selama Pengulangan Proses <i>Batch</i>	33
Gambar 3.13	Konsentrasi TSS Selama Pengulangan Proses <i>Batch</i>	34
Gambar 3.14	Nilai pH Selama Pengulangan Proses <i>Batch</i>	35
Gambar 3.15	Konsentrasi COD Selama Pengulangan Proses <i>Batch</i>	36
Gambar 3.16	Konsentrasi Minyak dan Lemak Selama Pengulangan Proses <i>Batch</i>	38
Gambar 3.17	Sketsa Rangkaian Reaktor Penelitian.....	42
Gambar 4.1	Variasi Diameter Media	51
Gambar 4.2	Color Tracer Test.....	55
Gambar 4.3	Reaktor Penelitian	57
Gambar 4.4	Hasil Analisis Konsentrasi Surfaktan	59
Gambar 4.5	Hasil Analisis Konsentrasi TSS	60
Gambar 4.6	Hasil Analisis Nilai pH	62
Gambar 4.7	Hasil Analisis Konsentrasi COD	64
Gambar 4.8	Hasil Analisis Konsentrasi Minyak dan Lemak.....	66

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyaknya usaha pencucian kendaraan bermotor menjadi hal yang menarik di Indonesia. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk maka kebutuhan akan kendaraan bermotor juga semakin meningkat. Hal ini dikarenakan kendaraan bermotor digunakan sebagai sarana akomodasi dan transportasi yang dapat menunjang aktivitas. Jumlah pengguna kendaraan bermotor terutama mobil yang tergolong tinggi menciptakan peluang munculnya usaha pencucian mobil di berbagai daerah sebagai bisnis yang menguntungkan seperti di Sidoarjo. Namun selain dianggap menguntungkan, adanya air limbah yang dihasilkan dari usaha pencucian mobil dapat memberikan masalah bagi lingkungan. Air limbah pencucian mobil apabila langsung dibuang pada saluran yang menuju badan air dapat menyebabkan penurunan kualitas badan air.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Chrisafitri (2012), air limbah yang dihasilkan dari pencucian mobil memiliki kadar surfaktan sebesar 25,32 mg/L dan COD sebesar 768 mg/L. Selain itu, hasil penelitian yang dilakukan oleh Evy *et al.* (2013) menunjukkan bahwa air limbah pencucian mobil memiliki kadar TSS sebesar 272 mg/L serta minyak dan lemak sebesar 29,33 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa air limbah pencucian mobil melebihi standar baku mutu yang tercantum dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Dalam peraturan tersebut, nilai maksimum konsentrasi pencemar dalam air limbah pencucian mobil untuk surfaktan sebesar 10 mg/L, COD sebesar 250 mg/L, TSS sebesar 100 mg/L serta minyak dan lemak sebesar 10 mg/L. Tingginya kadar pencemar tersebut berpotensi menurunkan keseimbangan biota dan kemampuan *self purification* badan air. Dampaknya adalah banyak biota air yang mati karena konsentrasi oksigen terlarut dalam badan air menjadi sedikit (Lumaela *et al.*, 2013). Selain itu, tingginya kadar surfaktan dapat menyebabkan timbulnya buih pada badan

air. Akumulasi kandungan surfaktan tersebut juga dapat berpengaruh pada penurunan nilai oksigen terlarut (Sari, 2007).

Berdasarkan kondisi tersebut, maka diperlukan alternatif teknologi pengolahan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah air limbah pencucian mobil. Salah satu alternatif pengolahan yang dapat digunakan adalah media kapur-semen sebagai media artifisial. Dalam hal ini, semen berfungsi untuk mengikat kapur, sehingga menjadi media yang padat. Semen merupakan bahan perekat yang mampu mengikat dua atau lebih bahan menjadi satu kesatuan (Firdaus, 2007). Prosesnya yaitu air limbah pencucian mobil akan dilewatkan pada media tersebut, sehingga bahan pengotor atau polutan yang terkandung dalam air limbah pencucian mobil akan tereduksi sepanjang kedalaman media yang dilewatinya (Selintung dan Suryani, 2012).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Suci (2018) yaitu menggunakan media kapur-semen sebagai media artifisial untuk mereduksi surfaktan dalam air limbah *laundry*. Variasi rasio kapur-semen yang digunakan adalah sebesar 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, dan 6:1. Pada penelitiannya diperoleh hasil bahwa media kapur-semen dengan rasio 6:1 merupakan yang paling efektif dalam mereduksi surfaktan dalam air limbah *laundry*, yaitu sebesar 88,65%. Pada penggunaan media kapur-semen sebagai media artifisial dalam mereduksi surfaktan dalam air limbah *laundry* tersebut, kapur diikat pada suatu media padat berupa semen. Ketika air limbah yang mengandung surfaktan dilewatkan pada media kapur-semen, maka akan terjadi pengikatan surfaktan karena adanya reaksi dengan kapur. Kapur akan rilis secara perlahan dari media kapur-semen untuk berikatan dengan surfaktan dan membentuk endapan (Kurniati, 2009). Hal inilah yang menyebabkan terjadinya reduksi surfaktan pada air limbah tersebut.

Pada penelitian ini akan digunakan media kapur-semen dengan rasio yang dipilih melalui uji pendahuluan menggunakan *jar test* untuk pengolahan air limbah pencucian mobil. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji efisiensi media kapur-semen dalam mereduksi polutan pada air limbah pencucian mobil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, terdapat beberapa rumusan masalah yang mendasari penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana efisiensi penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil menggunakan media kapur-semen?
2. Bagaimana pengaruh waktu operasional dan luas permukaan media kapur-semen terhadap penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Menentukan efisiensi penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil menggunakan media kapur-semen.
2. Menentukan pengaruh waktu operasional dan luas permukaan media kapur-semen terhadap penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dimaksudkan untuk membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian. Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada bulan Februari – April 2019.
2. Sampel yang digunakan berupa air limbah pencucian mobil dari salah satu usaha pencucian mobil di Sidoarjo.
3. Media yang digunakan yaitu kapur-semen sebagai media artifisial.
4. Variabel penelitian yang dipilih yaitu :
 - Variasi waktu detensi : 6 jam, 7 jam, dan 8 jam, serta dilanjutkan dengan proses pengendapan selama 4 jam setelah waktu detensi
 - Variasi diameter media kapur-semen : 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm
5. Pengaliran air limbah dilakukan secara *continuous*.
6. Parameter polutan yang dianalisis yaitu surfaktan, COD, TSS, pH, serta minyak dan lemak.
7. Analisis parameter dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air Departemen Teknik Lingkungan ITS.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memperoleh suatu alternatif teknologi pengolahan yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil.
2. Memberikan data mengenai kemampuan media kapur-semen dalam menurunkan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil.
3. Sebagai bahan kajian dan referensi pada penelitian selanjutnya untuk dapat mengembangkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, sehingga nantinya akan diperoleh data yang lebih lengkap mengenai kemampuan media kapur-semen dalam menurunkan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

2.1.1 Definisi Air Limbah

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan. Menurunnya kualitas lingkungan dapat dipengaruhi oleh mutu air limbah yang diterima badan air (Suci, 2018). Mutu air limbah merupakan kondisi kualitas air limbah yang dapat diukur berdasarkan parameter-parameter tertentu dengan menggunakan suatu metode pengukuran.

2.1.2 Sumber Air Limbah

Menurut Narendra (2011), berdasarkan sumbernya, air limbah dapat dikelompokkan ke dalam beberapa golongan, antara lain :

1. Air Limbah Domestik

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restoran), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik ini berupa air buangan dari kegiatan dapur, mandi, dan cuci, namun tidak termasuk yang berasal dari WC (Suoth dan Ernawita, 2016).

2. Air Limbah Industri

Air limbah industri adalah air sisa pengolahan dalam suatu proses produksi di industri dan umumnya memiliki kualitas yang kurang baik (Fernando, 2015). Jumlah air limbah industri bergantung pada jenis industri, pengawasan pada proses industri, penggunaan air, dan pengolahan air limbah yang ada (Belladonna, 2017).

3. Air Limbah Rembesan

Air limbah rembesan terjadi karena adanya penyusupan air tanah ke dalam saluran air limbah melalui sambungan atau celah yang ada (Gunawan, 2006).

2.1.3 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah merupakan hal penting yang harus diketahui dikarenakan karakteristik air limbah berpengaruh terhadap penentuan pengolahan air limbah yang sesuai (Sugiharto, 2008). Karakteristik air limbah dapat dikelompokkan ke dalam tiga golongan, yaitu sebagai berikut :

1. Karakteristik Fisik

Menurut Halim (2014), penentuan derajat kekotoran air limbah dapat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat atau dapat diidentifikasi secara langsung. Sifat fisik tersebut dapat diukur melalui beberapa parameter. Parameter yang dimaksud dapat berupa kekeruhan, temperatur, warna, bau, *Total Solid* (TS), dan *Total Suspended Solid* (TSS). Sifat fisik air limbah juga berkaitan dengan adanya zat-zat organik yang terkandung dalam air limbah (Fajri *et al.*, 2017).

2. Karakteristik Kimia

Menurut Sihalolo (2008), secara umum, karakteristik kimia air limbah dapat dibedakan atas adanya zat anorganik dan zat organik. Parameter yang termasuk dalam zat anorganik antara lain pH, alkalinitas, logam, dan gas. Zat organik biasanya terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen. Parameter yang termasuk dalam zat organik antara lain protein, karbohidrat, pestisida, surfaktan, minyak dan lemak. Pengukuran zat organik dapat dilakukan dalam bentuk pengukuran BOD dan COD.

3. Karakteristik Biologi

Menurut Sihalolo (2008), air limbah biasanya mengandung mikroorganisme yang memiliki peranan dalam penguraian zat pencemar dalam air limbah. Akan tetapi, mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah tersebut juga dapat membahayakan. Mikroorganisme tersebut antara lain berupa bakteri, jamur, protozoa, dan alga.

2.2 Pencucian Mobil

Menurut Rifai *et al.* (2013), umumnya kegiatan dan/atau usaha pencucian mobil terdiri atas beberapa tahapan, yaitu :

1. Pembilasan awal
2. Penyabunan atau pembusaan
3. Pembilasan akhir
4. *Finishing*

Pada kegiatan dan/atau usaha pencucian mobil tentu saja dibutuhkan bahan pembersih untuk membersihkan bagian-bagian mobil. Bahan pembersih digunakan untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada badan mobil, ban, dan rangka bawah. Oleh karena itu, air limbah yang dihasilkan dari pencucian mobil dapat dipastikan mengandung zat kimia pembersih dan kotoran (Chrisafitri, 2012). Komponen utama yang terkandung dalam bahan pembersih tersebut adalah surfaktan (Fauzi, 2014).

Air limbah yang dihasilkan dari pencucian mobil harus memenuhi baku mutu yang berlaku sebelum memasuki badan air. Dalam hal ini, baku mutu yang menjadi acuan adalah yang tercantum dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Baku mutu air limbah merupakan ukuran batas konsentrasi atau jumlah unsur pencemar dalam air limbah yang akan dibuang ke badan air. Baku mutu air limbah untuk usaha dan/atau kegiatan pencucian mobil dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Untuk Usaha dan/atau Kegiatan Pencucian Kendaraan Bermotor

Parameter	Konsentrasi Maksimum	Satuan
BOD ₅	100	mg/L
COD	250	mg/L
TSS	100	mg/L
Minyak dan Lemak	10	mg/L
MBAS (Deterjen)	10	mg/L
Fosfat (sebagai P ₂ O ₄)	10	mg/L
pH	6-9	-

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

2.3 Surfaktan

Surfaktan (*surface active agent*) adalah zat yang ditambahkan pada cairan untuk meningkatkan sifat penyebaran dengan menurunkan tegangan permukaan cairan. Kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan dikarenakan surfaktan memiliki struktur molekul *amphiphatic* yang terdiri dari gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik (Rachim *et al.*, 2012). Zat aktif ini dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan (Rahimah *et al.*, 2016). Gugus hidrofilik (kepala) merupakan bagian polar, sedangkan gugus hidrofobik (ekor) merupakan bagian nonpolar. Bagian polar molekul surfaktan dapat bermuatan positif, negatif, atau netral. Umumnya bagian polar mengandung gugus hidroksil, sedangkan bagian nonpolar merupakan rantai alkil yang panjang (Fauzi, 2014).

Surfaktan memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan sehari-hari baik dalam rumah tangga maupun industri. Penggunaan surfaktan terbagi atas tiga golongan, yaitu sebagai bahan pembasah (*wetting agent*), bahan pengemulsi (*emulsifying agent*), dan bahan pelarut (*solubilizing agent*). Salah satu penggunaan utama surfaktan adalah untuk proses pencucian dikarenakan surfaktan memiliki sifat antikuman (Furi dan Pamilia, 2012). Surfaktan dapat diproduksi melalui sintesis kimiawi maupun biokimiawi (Hendra *et al.*, 2015).

Menurut Arnelli (2010), klasifikasi surfaktan berdasarkan gugus hidrofiliknya adalah sebagai berikut :

1. Surfaktan Anionik

Surfaktan anionik yaitu surfaktan yang bagian alkilnya terikat pada suatu anion. Karakteristiknya yang hidrofilik disebabkan oleh adanya gugus anionik yang cukup besar (Fauzi, 2014). Berdasarkan Reningtyas dan Mahreni (2015), contohnya adalah surfaktan yang mengandung :

- Sulfat
- Sulfonat
- Fosfat etoksilat
- Karboksilat (COO^-)

2. Surfaktan Kationik

Surfaktan kationik yaitu surfaktan yang bagian alkilnya terikat pada suatu kation. Surfaktan ini memecah dalam

media air dengan bagian kepala bertindak sebagai pembawa sifat aktif permukaan (Fauzi, 2014). Berdasarkan Reningtyas dan Mahreni (2015), contohnya adalah surfaktan yang mengandung :

- Ammonium primer (NH_3)
- Ammonium sekunder ($-\text{NH}_2$)
- Ammonium tersier ($-\text{NH}-$)
- Ammonium kuarterner ($-\text{N}-$)

3. Surfaktan Nonionik

Surfaktan nonionik yaitu surfaktan yang bagian alkilnya tidak bermuatan (Fauzi, 2014). Berdasarkan Reningtyas dan Mahreni (2015), contohnya adalah surfaktan yang mengandung :

- Polioksietilen ($(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_x\text{OH}$)
- Monogliserida ($\text{OCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$)
- Digliserida ($\text{OCH}_2\text{CH}(\text{O}-)\text{CH}_2\text{OH}$)
- Monoetanolamida ($\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)
- Dietanolamida ($\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_2$)

4. Surfaktan Amfoterik

Surfaktan amfoterik yaitu surfaktan yang bagian alkilnya mempunyai muatan positif dan negatif (Fauzi, 2014). Berdasarkan Reningtyas dan Mahreni (2015), contohnya adalah surfaktan yang mengandung :

- Aminokarboksilat ($^+\text{NH}_2(\text{CH}_2)_x\text{COO}^-$)
- Betaine ($\text{N}^+(\text{CH}_2)_x\text{COO}^-$)
- Sulfobetaine ($\text{N}^+(\text{CH}_2)_x\text{CH}_2\text{SO}_3^-$)
- Amin oksid (N^+O^-)

2.4 TSS

TSS atau padatan tersuspensi total adalah semua zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air. TSS dapat berupa komponen hidup (biotik) ataupun komponen tidak hidup (abiotik). Komponen hidup (biotik) yang dimaksud seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, dan fungi, sedangkan komponen tidak hidup (abiotik) meliputi detritus dan partikel-partikel anorganik (Tarigan dan Edward, 2003). Kandungan TSS dapat menyebabkan kekeruhan pada air. Akumulasi TSS secara terus-menerus dapat menyebabkan penurunan kualitas badan air. Hal tersebut dikarenakan kekeruhan

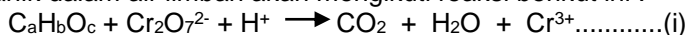
yang tinggi menghambat masuknya cahaya matahari ke badan air. Berkurangnya cahaya matahari yang masuk ke badan air akan berpengaruh terhadap fotosintesis yang dilakukan oleh biota air. Selain itu, TSS yang tinggi pada badan air juga dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut yang berakibat pada kematian biota air (Rinawati *et al.*, 2016).

2.5 pH

Nilai keasaman ditentukan dengan eksponen ion hidrogen aaktif yang dilambangkan dengan pH. Asiditas didominasi oleh ion H⁺, sedangkan alkalinitas didominasi oleh ion OH⁻ (Hadi, 2012). Nilai skala pH diberikan mulai dari 0 (sangat asam) sampai dengan 14 (sangat basa) dengan nilai pH = 7 sebagai pH netral atau asam dan basa berimbang (Assomadi dan Ali, 2016).

2.6 COD

COD atau kebutuhan oksigen kimiawi merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik dalam air limbah secara kimiawi. Dalam analisisnya, K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai pengoksidasi (*oxidizing agent*) atau sumber oksigen (Mubin, 2016). Berdasarkan Wardhana (2001), oksidasi terhadap zat organik dalam air limbah akan mengikuti reaksi berikut ini :



Reaksi tersebut memerlukan pemanasan dan penambahan katalisator Ag₂SO₄ untuk mempercepat reaksi. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap zat organik sama dengan jumlah K₂Cr₂O₇ yang dipakai pada reaksi di atas. Semakin banyak K₂Cr₂O₇ yang dipakai pada reaksi oksidasi berarti semakin banyak oksigen yang diperlukan. Hal ini menandakan bahwa air limbah banyak tercemar oleh zat organik (Wardhana, 2001). Tingginya zat organik dalam air limbah tentu akan memberikan dampak pada lingkungan. Salah satu dampaknya adalah banyaknya biota air yang mati karena konsentrasi oksigen terlarut dalam badan air menjadi sedikit (Lumaela *et al.*, 2013).

2.7 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan salah satu senyawa yang dapat menimbulkan pencemaran di suatu badan air, sehingga konsentrasinya harus dibatasi. Minyak memiliki berat jenis lebih kecil dari air. Hal tersebut menyebabkan minyak dapat membentuk lapisan tipis di permukaan air (Hardiana dan Aris, 2014). Minyak dan lemak di permukaan air pada selang waktu tertentu akan mengeras. Minyak dan lemak yang telah mengeras dapat menutupi permukaan air baik pada saluran yang menuju badan air maupun badan air itu sendiri (Ahmad *et al.*, 2011).

2.8 Pengaliran

Pengaliran dapat dibedakan menjadi beberapa kategori sebagai berikut :

- Berdasarkan Kontrol Kecepatan
Berdasarkan kontrol kecepatannya, dapat dikelompokkan menjadi :
 - a. *Constant Rate*
Pada *constant rate*, debit hasil proses konstan hingga level tertentu. Hal ini dilakukan dengan memberikan kebebasan kenaikan level muka air di atas media yang digunakan (Assomadi dan Ali, 2016).
 - b. *Declining Rate* atau *Constant Head*
Pada *declining rate* atau *constant head*, debit hasil proses menurun seiring dengan waktu proses yang digunakan. Hal ini terjadi karena level muka air di atas media dirancang pada nilai yang tetap (Assomadi dan Ali, 2016).
- Berdasarkan Sistem
Menurut Assomadi dan Ali (2016), berdasarkan sistemnya, aliran dapat dikelompokkan menjadi :
 - a. Aliran secara gravitasi
 - b. Aliran bertekanan
- Berdasarkan Arah
Menurut Chrisafitri (2012), berdasarkan arahnya, aliran dapat dikelompokkan menjadi :
 - a. Aliran ke Bawah (*Down Flow*)

Pada aliran ke bawah (*down flow*), air limbah dialirkan secara vertikal sesuai dengan gravitasi, yaitu dari atas ke bawah.

b. Aliran ke Atas (*Up Flow*)

Pada aliran ke atas (*up flow*), air limbah dialirkan secara vertikal melawan gravitasi, yaitu dari bawah ke atas.

c. Aliran Horizontal

Pada aliran horizontal, air limbah dialirkan secara horizontal atau ke samping.

2.9 Presipitasi

Presipitasi merupakan proses pengendapan partikel yang berlangsung bilamana air diberi penambahan bahan kimia sebagai pengendap. Selanjutnya aliran air yang perlahan menyebabkan tidak adanya turbulensi, sehingga partikel-partikel yang memiliki berat jenis lebih besar dibandingkan air akan mengendap. Partikel-partikel tersebut nantinya akan mengendap di dasar bak (Herawati, 2015). Partikel yang diendapkan harus berdiameter lebih dari 10^{-6} agar dapat mengendap sebagai endapan garam (Kurniati, 2009).

2.10 Kapur dan Semen

2.10.1 Kapur

Menurut Budi (2006), kapur telah dikenal sebagai bahan yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Secara umum, kapur terdapat dalam dua bentuk, yaitu CaO dan Ca(OH)₂. CaO bersifat mudah larut dalam air dan menghasilkan gugus hidroksil yang membentuk Ca(OH)₂ dengan sifat fisik dan kimia sebagai berikut :

- Berbentuk kristal atau bubuk (*powder*)
- Umumnya berwarna putih
- Tingkat kepadatannya 2,3 g/g.m³
- Tingkat kelarutannya 1,85 g Ca(OH)₂/L air pada suhu 0°C dan 0,7 g Ca(OH)₂/L air pada suhu 100°C
- Berkemampuan menetralisasi asam
- pH cenderung basa

Salah satu penggunaan kapur di bidang lingkungan adalah untuk pengolahan air limbah. Pada pengolahan air limbah, kapur

dapat mengurangi kandungan bahan-bahan organik. Prinsip kerjanya adalah kapur ditambahkan pada pH 6 – 8 hingga terjadi pengendapan.

2.10.2 Semen

Secara umum, semen merupakan bahan perekat yang mampu mengikat dua atau lebih bahan menjadi satu kesatuan (Firdaus, 2007). Semen memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan terjadinya pelekatan antara fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen dihasilkan dengan cara menghaluskan *clinker* (bahan yang terdiri atas silikat kalsium bersifat hidrolis) dan penambahan batu gipsum (Sutrisno dan Slamet, 2008).

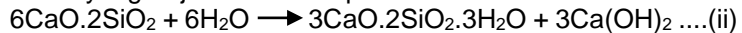
Berdasarkan Pratama *et al.*, (2015), pada saat semen dicampur dengan air akan timbul reaksi antara komponen semen dengan air. Reaksi-reaksi tersebut akan menghasilkan beberapa macam senyawa seperti berikut :

- Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) atau C_3A

Senyawa ini bereaksi dengan sangat cepat secara isotermik dan memberikan kekuatan awal yang sangat cepat pada 24 jam pertama. C_3A sangat berpengaruh pada nilai panas hidrasi yang tinggi, baik pada saat awal maupun pada saat pengerasan berikutnya.

- Trikalsium Silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) atau C_3S

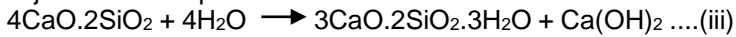
Senyawa ini jika terkena air akan cepat bereaksi dan menghasilkan panas. Banyaknya kandungan C_3S akan membentuk semen dengan panas hidrasi dan kuat tekan awal yang tinggi. Kandungan C_3S juga dapat memberikan kekuatan besar pada fase permulaan dan memberi efek penambahan kekuatan yang kontinu. Menurut Darmawan *et al.* (2008), reaksi yang terjadi adalah seperti berikut :



- Dikalsium Silikat ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) atau C_2S

Senyawa ini jika terkena air cenderung lambat dalam bereaksi dan menghasilkan panas dibandingkan C_3S . Kandungan C_2S yang besar akan memberikan ketahanan terhadap serangan zat kimia yang tinggi. Kandungan C_2S juga dapat memberikan kontribusi pada kuat tekan di umur yang

lebih panjang. Menurut Darmawan *et al.* (2008), reaksi yang terjadi adalah seperti berikut :



- Tetrakalsium Aluminoferrit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) atau C_4AF
Senyawa ini tidak terlalu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen, sehingga dapat dikatakan bahwa kontribusi dalam kekuatannya kecil. C_4AF hanya memberi warna pada semen.

2.10.3 Pembuatan Media Kapur-Semen

Bahan yang digunakan dalam membuat media kapur-semen adalah kapur berbentuk bubuk (CaO) dan semen *portland*. Berdasarkan Suci (2018), kebutuhan kapur dan semen ditentukan berdasarkan rasio *by weight*. Total berat campuran kapur dan semen yang digunakan untuk penelitian pendahuluan ini adalah 50 gram, sehingga kebutuhan kapur dan semen pada masing-masing rasio adalah sebagai berikut :

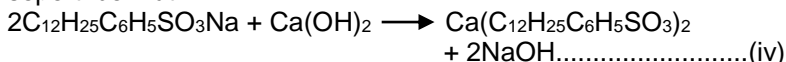
1. Untuk rasio kapur-semen 1:1, dibutuhkan kapur sebanyak 25 gram dan semen sebanyak 25 gram.
2. Untuk rasio kapur-semen 2:1, dibutuhkan kapur sebanyak 33,33 gram dan semen sebanyak 16,67 gram.
3. Untuk rasio kapur-semen 3:1, dibutuhkan kapur sebanyak 37,50 gram dan semen sebanyak 12,50 gram.
4. Untuk rasio kapur-semen 4:1, dibutuhkan kapur sebanyak 40 gram dan semen sebanyak 10 gram.
5. Untuk rasio kapur-semen 5:1, dibutuhkan kapur sebanyak 41,67 gram dan semen sebanyak 8,33 gram.
6. Untuk rasio kapur-semen 6:1, dibutuhkan kapur sebanyak 42,86 gram dan semen sebanyak 7,14 gram.

Adapun komposisi air yang dibutuhkan untuk masing-masing rasio kapur-semen yaitu sebesar 30% *by weight* dari campuran kapur-semen.

2.11 Reaksi Kapur dengan Surfaktan

Berdasarkan penelitian Kurniati (2009), $\text{Ca}(\text{OH})_2$ memiliki kemampuan yang baik dalam menurunkan konsentrasi surfaktan. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mampu berikatan dengan LAS (*Linear Alkylbenzene Sulfonat*) yang merupakan bahan aktif surfaktan anionik. LAS

memiliki rumus kimia $C_{12}H_{25}C_6H_5SO_3Na$. Reaksi yang terjadi ketika $Ca(OH)_2$ berikatan dengan LAS dan membentuk endapan adalah seperti berikut :



Sampel air limbah yang ditambahkan $Ca(OH)_2$ berupa bubuk akan mengalami penurunan surfaktan dikarenakan ion $C_{12}H_{25}C_6H_5SO_3^-$ berikatan dengan ion logam Ca^{2+} membentuk endapan $Ca(C_{12}H_{25}C_6H_5SO_3)_2$. Selain itu, anion dari $Ca(OH)_2$ yang berupa $2OH^-$ akan berikatan dengan kation dari $2C_{12}H_{25}C_6H_5SO_3Na$ yang berupa Na^+ , sehingga terbentuk $2NaOH$. Akan tetapi, penambahan $Ca(OH)_2$ yang berlebihan akan menyebabkan reduksi surfaktan menjadi kurang baik. Hal tersebut dikarenakan penambahan $Ca(OH)_2$ yang berlebihan akan meningkatkan jumlah ion sekutu Ca^{2+} di dalam larutan (Kurniati, 2009).

2.12 Penelitian Terdahulu

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu akan ditinjau untuk dijadikan sebagai referensi. Penelitian terdahulu yang ditinjau merupakan penelitian yang berkaitan dengan topik tugas akhir penulis. Beberapa penelitian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No.	Penelitian Terdahulu	Sumber
1	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan penggunaan $Ca(OH)_2$ dalam menurunkan konsentrasi surfaktan pada konsentrasi besar dengan metode pengendapan. Penelitian dilakukan secara <i>batch</i> dengan dibantu proses pengadukan menggunakan <i>jar test</i> untuk mempercepat terjadinya pencampuran antara surfaktan dengan $Ca(OH)_2$. Kecepatan pengadukan yang digunakan yaitu 100 rpm selama 30 detik. Setelah pengadukan, dilakukan pengendapan selama 2 jam. Hasil penelitian yang didapatkan	Susanto dan Widiadi (2003)

No.	Penelitian Terdahulu	Sumber
	<p>yaitu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mampu menurunkan konsentrasi surfaktan sebesar 45,29% – 85,98% untuk konsentrasi awal surfaktan 100 mg/L dan sebesar 93,865% – 95,16% untuk konsentrasi awal surfaktan 2000 mg/L. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, terbukti bahwa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ memiliki potensi untuk digunakan dalam pengolahan limbah yang memiliki konsentrasi surfaktan cukup besar.</p>	
2	<p>Pada penelitian ini dilakukan pengadukan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan air limbah <i>laundry</i> sebanyak 500 mL pada <i>beaker glass</i> dengan kecepatan 80 rpm. Proses pengadukan dilakukan dengan menggunakan <i>jar test</i>. Variasi waktu pengadukan yang digunakan adalah 15, 30, 45, 60, dan 75 menit. Setelah dilakukan pengadukan, campuran $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan air limbah <i>laundry</i> dimasukkan ke dalam <i>imhoff cone</i> untuk diukur jumlah endapannya. Kemudian dilakukan pengukuran terhadap pH, kadar <i>detergent</i>, dan suhu pada air limbah <i>laundry</i>. Hasil terbaik yang didapatkan yaitu pada waktu pengadukan 45 menit dengan persentase penurunan kadar <i>detergent</i> sebesar 98,03%.</p>	Kurniati (2009)
3	<p>Pada penelitian ini digunakan koagulan kapur dan PAC untuk proses koagulasi-flokulasi dalam pengolahan limbah deterjen buatan dan limbah <i>laundry</i>. Hal ini dimaksudkan untuk melihat keefektifan koagulan kapur dan PAC dalam menurunkan kandungan BOD dan COD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koagulan kapur lebih efektif dibandingkan PAC. Persentase maksimum penurunan kadar BOD dan COD didapat dari koagulan kapur pada massa 5 gram. Untuk nilai BOD, penurunannya sebesar</p>	Rahimah et al. (2016)

No.	Penelitian Terdahulu	Sumber
	<p>12,05% pada limbah deterjen buatan, sedangkan pada limbah <i>laundry</i> penurunannya sebesar 11,57%. Untuk nilai COD, didapatkan penurunan sebesar 75% pada limbah deterjen buatan, sedangkan pada limbah <i>laundry</i> didapatkan penurunan sebesar 78,57%.</p>	
4	<p>Pada penelitian ini digunakan filter dengan media batu kapur dan kapur-semen untuk mereduksi surfaktan pada air limbah <i>laundry</i>. Media kapur-semen dalam penelitian ini dimaksudkan sebagai media filter artifisial. Variasi rasio kapur-semen pada media yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, dan 6:1. Rasio kapur-semen yang terpilih sebagai rasio yang paling efektif dalam mereduksi surfaktan adalah 6:1 dari hasil uji secara <i>batch</i>. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu media kapur-semen lebih efektif dibandingkan media batu kapur dalam mereduksi surfaktan. Media kapur-semen dengan rasio 6:1 dapat mereduksi surfaktan sebesar 88,65%, sedangkan media batu kapur hanya mampu mereduksi surfaktan sebesar 49,76%.</p>	Suci (2018)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

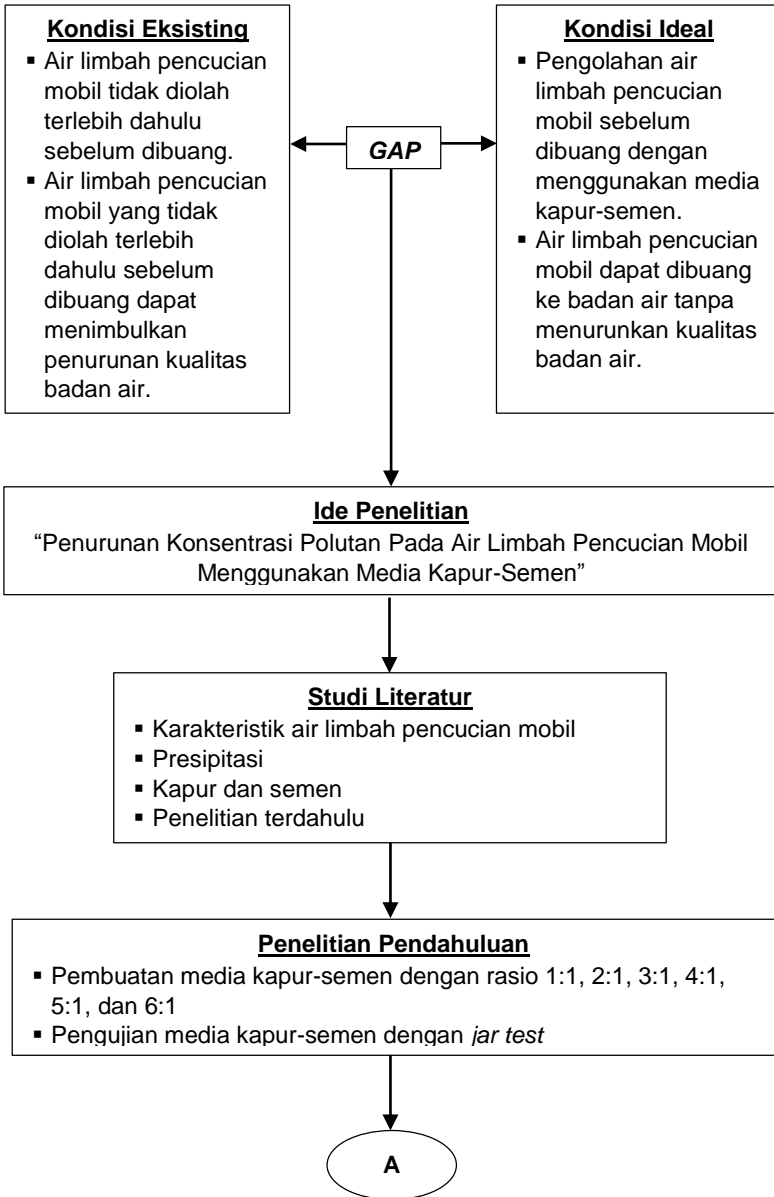
Metode penelitian merupakan acuan dalam melaksanakan penelitian yang disusun berdasarkan adanya ide untuk menutup *gap* antara kondisi eksisting dan kondisi ideal. Dengan adanya metode penelitian, diharapkan proses penelitian dapat berjalan lebih terarah untuk mencapai tujuan penelitian. Secara umum penelitian dilakukan untuk mengkaji efisiensi media kapur-semen dalam menurunkan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil. Dalam hal ini, termasuk pula kajian mengenai pengaruh waktu operasional dan diameter media kapur-semen terhadap penurunan konsentrasi polutan tersebut.

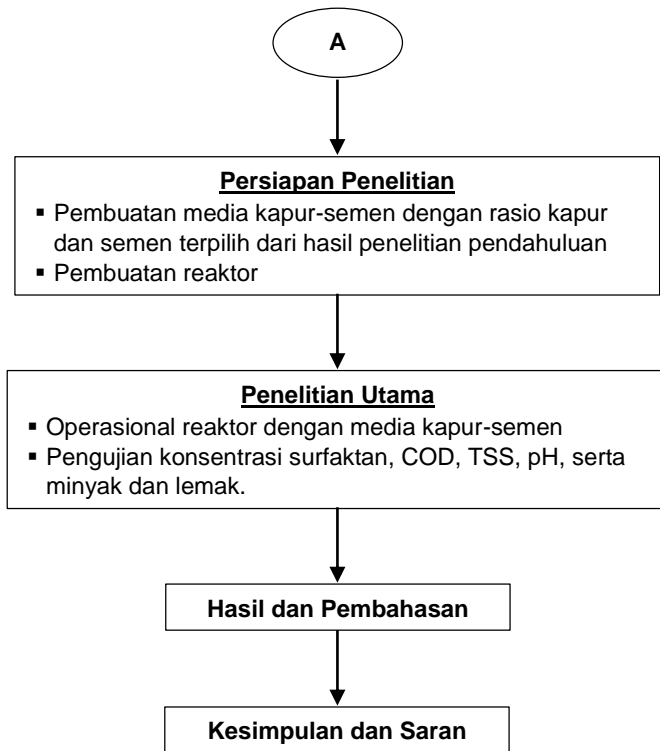
3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan dasar dan alur pemikiran yang digunakan untuk melaksanakan tahapan penelitian. Penyusunan kerangka penelitian dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Sebagai gambaran awal mengenai tahapan penelitian yang akan dilaksanakan agar pelaksanaan penelitian dapat terencana secara sistematis.
2. Mengetahui tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam pelaksanaan penelitian dari awal penelitian hingga penulisan laporan tugas akhir.
3. Mempermudah dalam mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan penelitian.
4. Menghindari dan memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan selama melaksanakan penelitian.

Kerangka penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Ide Penelitian

Ide penelitian ini berasal dari kondisi eksisting di lapangan yaitu air limbah pencucian mobil langsung dibuang ke saluran yang menuju badan air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Hal ini dapat menimbulkan buih pada badan air yang disebabkan oleh adanya kandungan surfaktan. Akumulasi kandungan surfaktan tersebut juga dapat berpengaruh pada penurunan nilai oksigen terlarut yang dapat menurunkan kualitas badan air. Penurunan kualitas badan air ini tentu akan berdampak pada ekosistem perairan dan biota yang ada pada badan air (Lumaela *et al.*, 2013).

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengolahan agar air limbah pencucian mobil lebih aman untuk dibuang ke badan air.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh dasar teori yang menunjang pelaksanaan penelitian. Studi literatur juga dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan pembahasan hasil penelitian. Literatur yang digunakan tentunya disesuaikan dengan penelitian yang dilaksanakan dengan memperhatikan bahasan dari literatur tersebut. Pada penelitian ini, literatur yang digunakan meliputi :

- Karakteristik air limbah pencucian mobil
- Presipitasi
- Kapur dan semen
- Penelitian terdahulu

Sumber literatur tersebut diperoleh dari buku, jurnal atau artikel ilmiah, *proceeding* seminar, peraturan perundang-undangan, laporan penelitian, dan tugas akhir terdahulu.

3.5 Penelitian Pendahuluan

3.5.1 Karakteristik Limbah

Air limbah pencucian mobil diambil dari salah satu usaha pencucian mobil di Sidoarjo. Air limbah pencucian mobil memiliki karakteristik berwarna kecokelatan dan berbuih yang berasal dari proses pencucian. Adapun tahapan dari proses pencucian mobil dimulai dari pembilasan awal, kemudian dilakukan penyabunan atau pembusaan, pembilasan akhir, dan *finishing*. Analisis yang dilakukan pada air limbah pencucian mobil ini antara lain meliputi parameter surfaktan, TSS, pH, COD, serta minyak dan lemak. Hasil analisis masing-masing parameter sebagai karakterisasi awal air limbah pencucian mobil dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Karakterisasi Awal

No.	Parameter	Konsentrasi	Satuan
1	Surfaktan	20,36	mg/L
2	COD	520	mg/L

No.	Parameter	Konsentrasi	Satuan
3	TSS	132	mg/L
4	pH	7,70	-
5	Minyak dan lemak	18	mg/L

Bedasarkan hasil analisis tersebut, dapat diketahui bahwa baik surfaktan, COD, TSS, serta minyak dan lemak melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 untuk air limbah pencucian kendaraan bermotor. Dalam peraturan tersebut, disebutkan bahwa baku mutu untuk parameter surfaktan sebesar 10 mg/L, COD sebesar 250 mg/L, TSS sebesar 100 mg/L, serta minyak dan lemak sebesar 10 mg/L.

3.5.2 Pembuatan Media Kapur-Semen

Untuk penelitian pendahuluan, media kapur-semen dibuat dengan 6 macam rasio kapur-semen, yaitu 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, dan 6:1. Pembuatan media kapur-semen dilakukan dengan mencampurkan kapur, semen, dan air. Pembuatan campuran kapur-semen dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Pembuatan Campuran Kapur-Semen

Selanjutnya campuran kapur-semen yang sudah jadi dicetak menggunakan plastik mika yang telah dibentuk dengan diameter 1 cm dan ketebalan 1 cm. Proses pengeringan media kapur-semen dilakukan selama \pm 2 hari. Pencetakan media kapur-semen dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Pencetakan Media Kapur-Semen

Setelah kering, media kapur-semen tersebut akan digunakan untuk penelitian pendahuluan secara *batch* menggunakan *jar test*. Penggunaan *jar test* tersebut dimaksudkan untuk pengadukan yang dapat membantu kapur untuk mengikat surfaktan pada air limbah pencucian mobil.

3.5.3 Pengujian Media Kapur-Semen dengan *Jar Test*

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui rasio kapur-semen yang optimum dalam menurunkan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil. Rentang rasio kapur-semen dalam penelitian pendahuluan ini adalah 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, dan 6:1 (Suci, 2018). Penelitian dilakukan dengan sistem *batch* menggunakan alat *jar test*. Waktu kontak yang digunakan dalam penelitian ini adalah selama 2 jam atau 120 menit dengan pengambilan sampel setiap 30 menit dan pengendapan selama 30 menit. Parameter yang dianalisis dalam penelitian pendahuluan ini adalah surfaktan, TSS, pH, COD, serta minyak dan lemak. Proses penelitian pendahuluan secara *batch* dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.

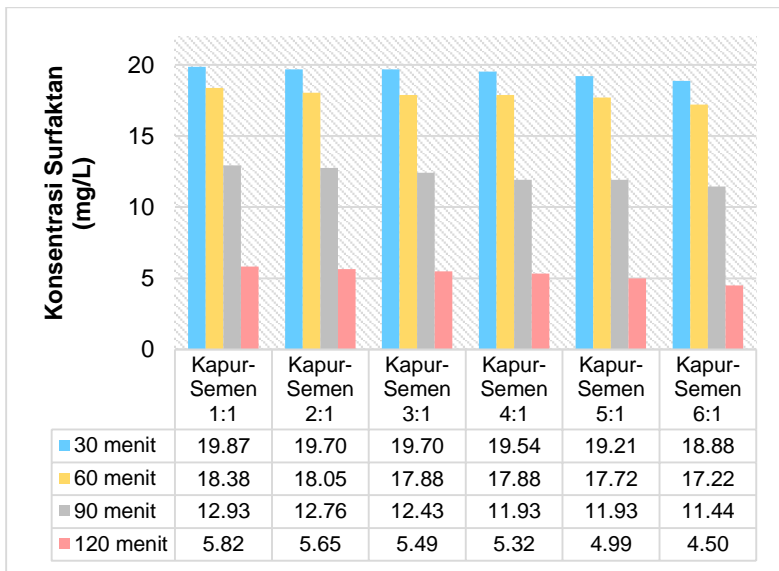


Gambar 3.4 Penelitian Pendahuluan Secara *Batch*

3.5.3.1 Konsentrasi Surfaktan Selama Proses *Batch*

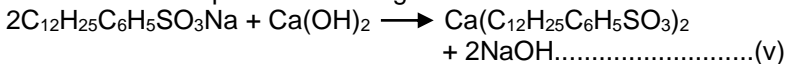
Konsentrasi surfaktan awal sebelum dilakukan pengadukan adalah sebesar 20,36 mg/L. Pada menit ke-30, media kapur-semen dengan rasio 1:1 mampu menurunkan konsentrasi surfaktan sebesar 2,41%, rasio 2:1 sebesar 3,24%, rasio 3:1 sebesar 3,24%, rasio 4:1 sebesar 4,03%, rasio 5:1 sebesar 5,65%, dan rasio 6:1 sebesar 7,27%. Pada menit ke-60, persentase penurunan konsentrasi surfaktan meningkat, media kapur-semen dengan rasio 1:1 menurunkan konsentrasi surfaktan sebesar 9,72%, rasio 2:1 sebesar 11,35%, rasio 3:1 sebesar 12,18%, rasio 4:1 sebesar 12,18%, rasio 5:1 sebesar 12,97%, dan rasio 6:1 sebesar 15,42%. Selanjutnya pada menit ke-90, media kapur-semen dengan rasio 1:1 dapat menurunkan konsentrasi surfaktan sebesar 36,49%, rasio 2:1 sebesar 37,33%, rasio 3:1 sebesar 38,35%, rasio 4:1 sebesar 41,40%, rasio 5:1 sebesar 41,40%, dan rasio 6:1 sebesar 43,81%. Persentase penurunan konsentrasi surfaktan terus mengalami peningkatan hingga pada menit ke-120, penurunan konsentrasi surfaktan oleh media kapur-semen dengan rasio 1:1 sebesar 71,41%, rasio 2:1 sebesar 72,25%, rasio 3:1 sebesar 73,04%, rasio 4:1 sebesar 73,87%, rasio 5:1 sebesar 75,49%, dan rasio 6:1 sebesar 77,90%. Kondisi media kapur-semen dengan rasio 1:1 pada saat itu hancur sebagian dan kondisi sampel air hasil pengadukan menjadi sedikit keruh namun setelah

diendapkan, sampel menjadi bening. Adapun kondisi media kapur-semen dengan rasio 2:1 dan 3:1 juga hancur sebagian serta kondisi sampel air hasil pengadukan menjadi keruh. Untuk media kapur-semen dengan rasio 4:1, kondisinya hanya tersisa sebagian yang masih berbentuk padatan dan sampel air limbah hasil pengadukan menjadi keruh. Selanjutnya untuk media kapur-semen dengan rasio 5:1 dan 6:1, kondisinya hancur menjadi butiran-butiran kecil dan sampel air limbah hasil pengadukan menjadi sangat keruh. Hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



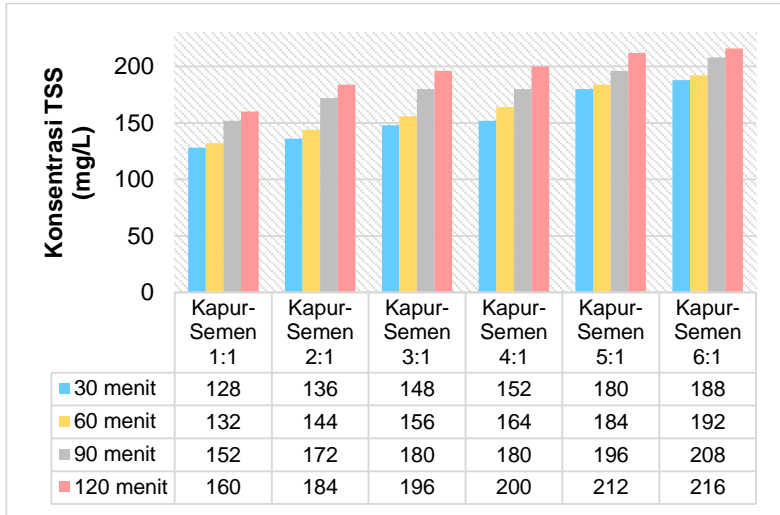
Gambar 3.5 Konsentrasi Surfaktan Selama Proses *Batch*

Semakin lama waktu pengadukan menyebabkan semakin meningkatnya reduksi surfaktan. Hal ini disebabkan oleh adanya kontak antara kapur dengan surfaktan yang kemudian membentuk endapan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kurniati (2009) dimana kapur dapat mengikat surfaktan dan membentuk endapan sesuai dengan reaksi berikut :



3.5.3.2 Konsentrasi TSS Selama Proses *Batch*

Konsentrasi TSS awal sebelum dilakukan pengadukan adalah sebesar 132 mg/L. Konsentrasi TSS selama proses *batch* untuk masing-masing rasio kapur-semen dengan variasi waktu kontak dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.

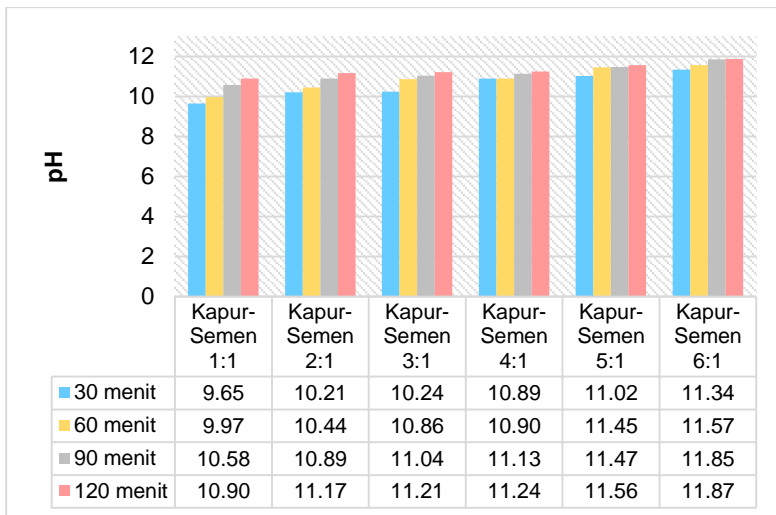


Gambar 3.6 Konsentrasi TSS Selama Proses *Batch*

Berdasarkan **Gambar 3.6**, dapat diketahui bahwa sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 6:1 mengalami peningkatan konsentrasi TSS yang paling tinggi dibandingkan dengan rasio yang lain, yaitu sebesar 63,64%. Hal ini disebabkan oleh banyaknya kapur yang lepas pada saat proses pengadukan, dimana pada rasio tersebut jumlah kapur lebih banyak dibandingkan semen yang membuat ikatan kapur pada media menjadi tidak kuat dan mudah hancur (Suci, 2018).

3.5.3.3 Nilai pH Selama Proses *Batch*

pH awal sebelum dilakukan pengadukan adalah 7,70. Nilai pH selama proses *batch* untuk masing-masing rasio kapur-semen dengan variasi waktu kontak dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.



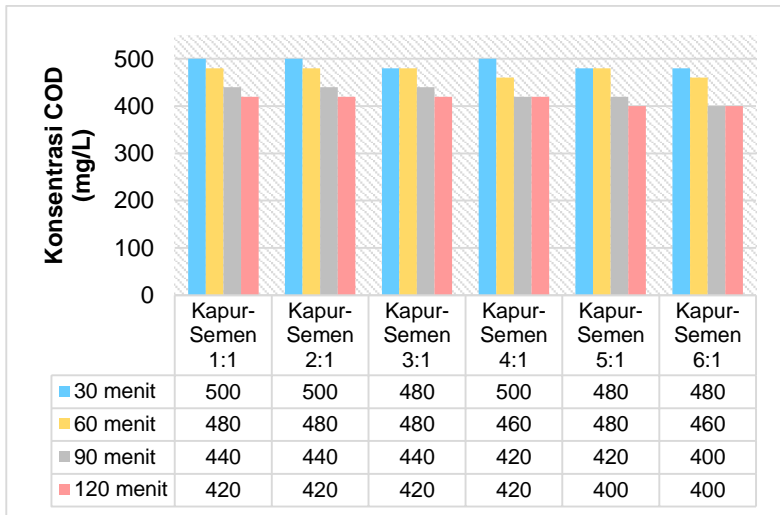
Gambar 3.7 Nilai pH Selama Proses *Batch*

Berdasarkan **Gambar 3.7**, dapat diketahui bahwa pada menit ke-30, media kapur-semen dengan rasio 1:1 menyebabkan peningkatan pH sampel sebesar 25,32%, rasio 2:1 sebesar 32,60%, rasio 3:1 sebesar 32,99%, rasio 4:1 sebesar 41,43%, rasio 5:1 sebesar 43,12%, dan rasio 6:1 sebesar 47,27%. Pada menit ke-60, pH masih meningkat, dimana media kapur-semen dengan rasio 1:1 menyebabkan peningkatan pH sampel sebesar 29,48%, rasio 2:1 sebesar 35,38%, rasio 3:1 sebesar 41,04%, rasio 4:1 sebesar 41,56%, rasio 5:1 sebesar 48,70%, dan rasio 6:1 sebesar 50,26%. Selanjutnya pada menit ke-90, media kapur-semen dengan rasio 1:1 menyebabkan peningkatan pH sampel sebesar 37,40%, rasio 2:1 sebesar 41,43%, rasio 3:1 sebesar 43,38%, rasio 4:1 sebesar 44,55%, rasio 5:1 sebesar 48,69%, dan rasio 6:1 sebesar 53,90%. Kondisi pH sampel terus mengalami peningkatan hingga pada menit ke-120, media kapur-semen dengan rasio 1:1 menyebabkan peningkatan pH sampel sebesar 41,56%, rasio 2:1 sebesar 45,06%, rasio 3:1 sebesar 45,58%, rasio 4:1 sebesar 45,97%, rasio 5:1 sebesar 50,13%, dan rasio 6:1 sebesar 54,16%. Peningkatan pH ini disebabkan oleh lepasnya

kapur dari media kapur-semen (Suci, 2018), dimana kapur memiliki sifat basa (Budi, 2006).

3.5.3.4 Konsentrasi COD Selama Proses *Batch*

Konsentrasi COD awal sebelum dilakukan pengadukan adalah sebesar 520 mg/L. Konsentrasi COD selama proses *batch* untuk masing-masing rasio kapur-semen dengan variasi waktu kontak dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.



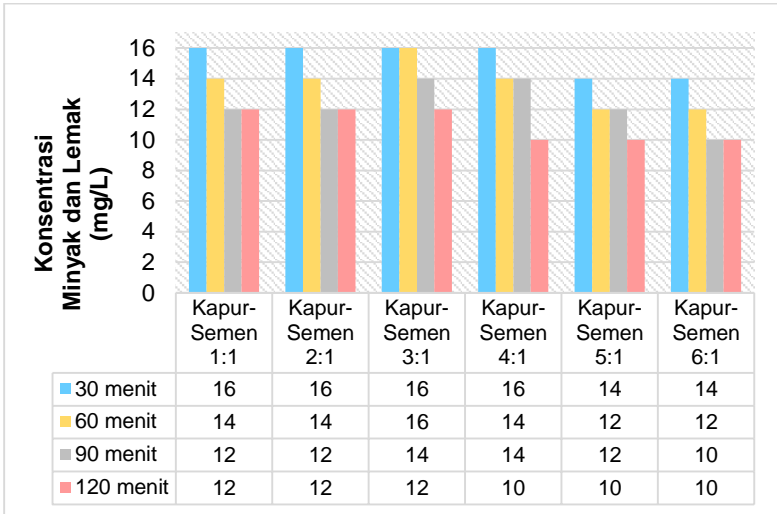
Gambar 3.8 Konsentrasi COD Selama Proses *Batch*

Berdasarkan **Gambar 3.8**, dapat diketahui bahwa setelah proses pengadukan selama 120 menit, sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar 19,23%, begitu pula dengan media kapur-semen dengan rasio 2:1, 3:1, dan 4:1. Adapun media kapur-semen dengan rasio 5:1 dan 6:1 menurunkan konsentrasi COD sebesar 23,08%.

3.5.3.5 Konsentrasi Minyak dan Lemak Selama Proses *Batch*

Konsentrasi minyak dan lemak awal sebelum dilakukan pengadukan adalah sebesar 18 mg/L. Konsentrasi minyak dan

lemak selama proses *batch* untuk masing-masing rasio kapur-semen dengan variasi waktu kontak dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3.9 Konsentrasi Minyak dan Lemak Selama Proses *Batch*

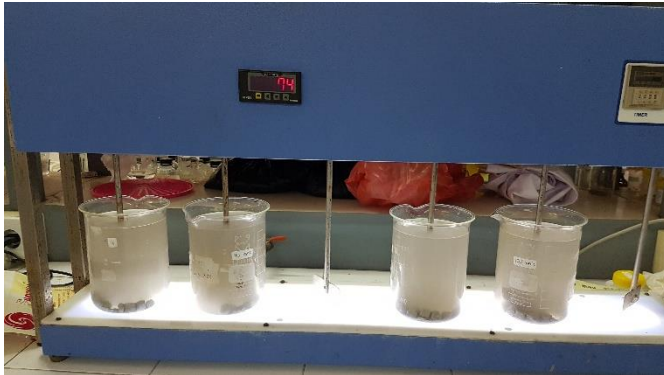
Berdasarkan **Gambar 3.9**, dapat diketahui bahwa media kapur-semen dengan rasio 1:1, 2:1, dan 3:1 menurunkan konsentrasi minyak dan lemak 33,33% setelah dilakukan pengadukan selama 120 menit. Adapun untuk media kapur-semen dengan rasio 4:1, 5:1, dan 6:1 mampu menurunkan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 44,44%.

3.5.4 Pengulangan Pengujian Media Kapur-Semen dengan *Jar Test*

Pengulangan terhadap proses *batch* dilakukan untuk memastikan persentase penurunan konsentrasi polutan yang telah didapat. Pengulangan proses *batch* menggunakan *jar test* ini dilakukan dengan volume sampel 1000 mL untuk masing-masing gelas *beaker*. Pengulangan dilakukan karena pada proses *batch* sebelumnya volume sampel yang digunakan hanya 500 mL untuk

masing-masing gelas *beaker* dan pengambilan sampel setiap 30 menit dilakukan dengan mengurangi volume sampel tersebut, sehingga volume sampel dalam gelas *beaker* semakin sedikit saat proses pengadukan berlangsung. Adapun berdasarkan SNI 19-6449-2000 tentang metode pengujian dengan *jar test* disebutkan bahwa volume sampel uji yang digunakan adalah sebanyak 1000 mL.

Waktu kontak yang digunakan dalam proses ini adalah selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan 80 rpm (Kurniati, 2009). Rasio media kapur-semen yang digunakan adalah 1:1 dan 6:1 dengan total berat campuran kapur dan semen yang digunakan untuk masing-masing rasio sebesar 50 gram. Rasio 1:1 membutuhkan kapur sebanyak 25 gram dan semen sebanyak 25 gram, sedangkan rasio 6:1 membutuhkan kapur sebanyak 42,86 gram dan semen sebanyak 7,14 gram. Media dicetak dengan cetakan berdiameter 1 cm dan ketebalan 1 cm. Pada proses *batch* ini, digunakan satu gelas *beaker* berisi sampel untuk satu waktu kontak. Sampel yang digunakan yaitu sebanyak 1000 mL untuk waktu kontak 30 menit, 1000 mL untuk waktu kontak 60 menit, 1000 mL untuk waktu kontak 90 menit, dan 1000 mL untuk waktu kontak 120 menit, sehingga untuk satu kali proses *batch* menggunakan *jar test* dibutuhkan sampel sebanyak 4000 mL. Dikarenakan proses *batch* menggunakan *jar test* ini dilakukan sebanyak dua kali, yaitu menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 dan 6:1, maka total volume sampel yang dibutuhkan adalah sebanyak 8000 mL. Parameter yang dianalisis dalam pengulangan proses *batch* ini sama dengan parameter yang dianalisis pada proses *batch* sebelumnya, yaitu meliputi parameter surfaktan, TSS, pH, COD, serta minyak dan lemak. Proses *batch* menggunakan *jar test* dengan media kapur-semen rasio 1:1 dan 6:1 dapat dilihat pada **Gambar 3.10** dan **Gambar 3.11**.



Gambar 3.10 Pengulangan Proses *Batch* Menggunakan Media Kapur-Semen Rasio 1:1



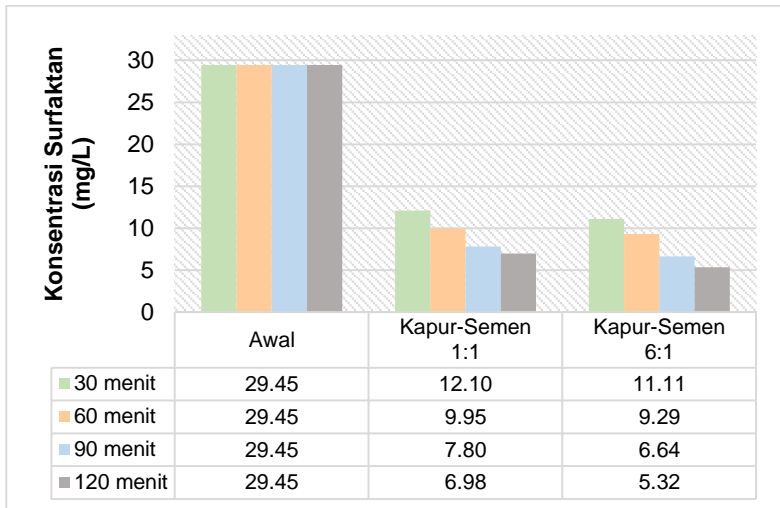
Gambar 3.11 Pengulangan Proses *Batch* Menggunakan Media Kapur-Semen Rasio 6:1

Setelah dilakukan pengadukan menggunakan *jar test* dengan waktu yang telah ditetapkan, yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit, selanjutnya dilakukan analisis terhadap parameter surfaktan, TSS, pH, COD, serta minyak dan lemak.

3.5.4.1 Konsentrasi Surfaktan Selama Pengulangan Proses *Batch*

Sebelum dilakukan pengadukan, konsentrasi surfaktan awal pada sampel adalah sebesar 29,45 mg/L. Konsentrasi

surfaktan selama pengulangan proses *batch* ini dapat dilihat pada **Gambar 3.12**.

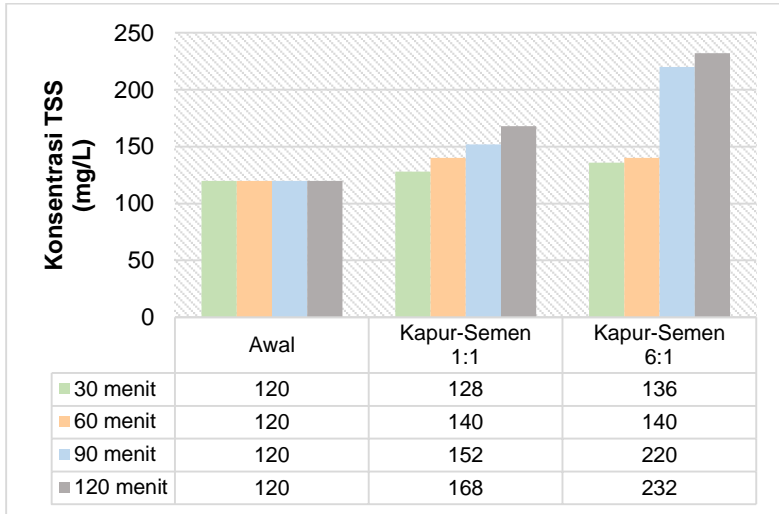


Gambar 3.12 Konsentrasi Surfaktan Selama Pengulangan Proses *Batch*

Berdasarkan **Gambar 3.12**, setelah dilakukan pengadukan selama 30 menit, konsentrasi surfaktan pada sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 mengalami penurunan sebesar 58,92%, sedangkan pada sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 6:1 mengalami penurunan sebesar 62,29%. Reduksi surfaktan terus meningkat seiring dengan lamanya waktu pengadukan. Semakin lama waktu pengadukan menyebabkan semakin banyaknya kapur yang rilis dari media kapur-semen dan mengikat surfaktan yang kemudian membentuk endapan (Suci, 2018). Setelah 120 menit pengadukan, didapatkan persentase penurunan konsentrasi surfaktan sebesar 76,32% pada sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1, sedangkan pada sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 6:1 didapatkan persentase penurunan konsentrasi surfaktan sebesar 81,93%.

3.5.4.2 Konsentrasi TSS Selama Pengulangan Proses *Batch*

Konsentrasi TSS pada sampel sebelum dilakukan pengadukan adalah sebesar 120 mg/L. Konsentrasi TSS selama pengulangan proses *batch* ini dapat dilihat pada **Gambar 3.13**.



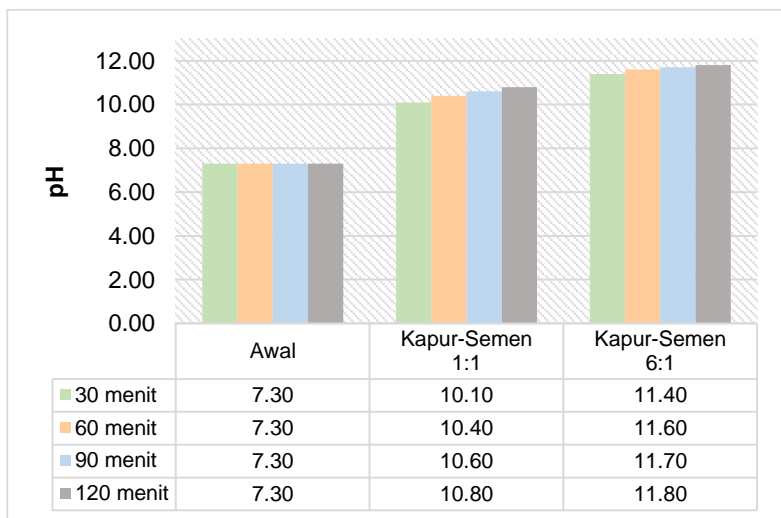
Gambar 3.13 Konsentrasi TSS Selama Pengulangan Proses *Batch*

Berdasarkan **Gambar 3.13**, setelah dilakukan pengadukan selama 30 menit, konsentrasi TSS pada sampel baik yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 maupun 6:1 mengalami peningkatan. Peningkatan konsentrasi TSS sebesar 6,67% terjadi pada sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1, sedangkan sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 6:1 mengalami peningkatan sebesar 13,33%. Peningkatan konsentrasi TSS juga terjadi pada sampel yang diaduk selama 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Peningkatan konsentrasi TSS terbesar yaitu pada sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 6:1 dan dengan waktu pengadukan 120 menit, dimana persentase peningkatan konsentrasi TSS yang didapatkan yaitu sebesar 93,33%, sedangkan pada sampel yang menggunakan media

kapur-semen dengan rasio 1:1 dan dalam waktu pengadukan 120 menit persentase peningkatan konsentrasi TSS yang terjadi hanya sebesar 40,00%. Tingginya persentase peningkatan konsentrasi TSS pada sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 6:1 disebabkan oleh banyaknya jumlah kapur dibandingkan semen pada rasio tersebut yang menyebabkan ikatan kapur dan semen menjadi tidak kuat dan membuat kapur sangat mudah untuk hancur (Suci, 2018).

3.5.4.3 Nilai pH Selama Pengulangan Proses *Batch*

pH awal sampel sebelum dilakukan pengadukan adalah 7,30. Analisis pH sampel ini dilakukan untuk mengetahui perubahan pH sampel setelah dilakukan pengadukan menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 dan 6:1. Hasil analisis pH sampel dapat dilihat pada **Gambar 3.14**.



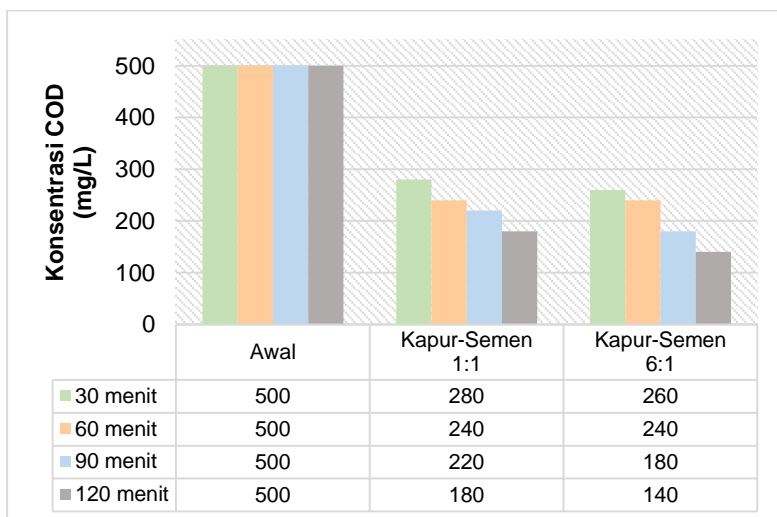
Gambar 3.14 Nilai pH Selama Pengulangan Proses *Batch*

Berdasarkan **Gambar 3.14**, pada menit ke-30, sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 mengalami peningkatan pH sebesar 38,36%, sedangkan rasio 6:1 menyebabkan peningkatan pH sampel sebesar 56,16%. pH sampel terus meningkat seiring dengan lamanya waktu

pengadukan. Pada menit ke-120, peningkatan pH sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 mencapai 47,95%, sedangkan sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 6:1 mencapai 61,64%. Peningkatan pH sampel setelah pengadukan disebabkan oleh adanya pelepasan kapur dari media kapur-semen, dimana kapur memiliki sifat basa (Budi, 2006).

3.5.4.4 Konsentrasi COD Selama Pengulangan Proses *Batch*

Konsentrasi COD pada sampel sebelum dilakukan pengadukan adalah sebesar 500 mg/L. Konsentrasi COD selama pengulangan proses *batch* ini dapat dilihat pada **Gambar 3.15**.



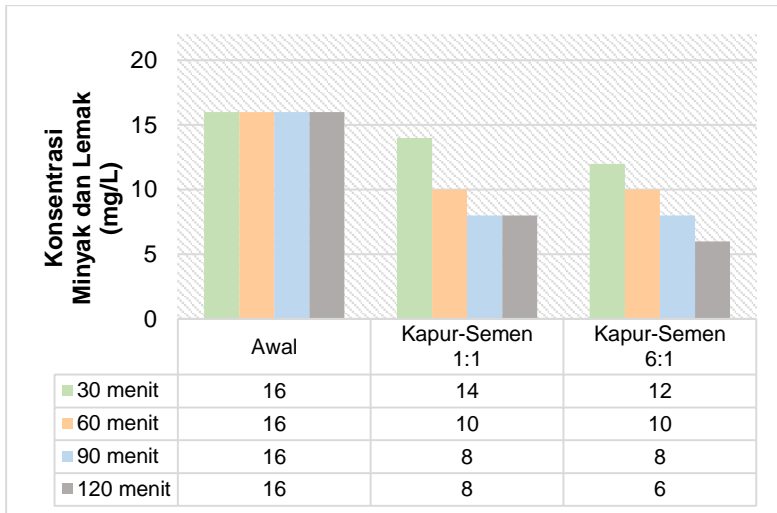
Gambar 3.15 Konsentrasi COD Selama Pengulangan Proses *Batch*

Gambar 3.15 menunjukkan penurunan konsentrasi COD sebesar 44,00% didapatkan pada sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 dan waktu pengadukan selama 30 menit. Untuk sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 6:1 dan waktu pengadukan selama 30 menit didapatkan penurunan konsentrasi COD sebesar 48,00%. Persentase penurunan konsentrasi COD terus meningkat seiring

dengan lamanya waktu pengadukan, hingga setelah 120 menit pengadukan didapatkan persentase penurunan konsentrasi COD sebesar 64,00% pada sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 dan 72,00% pada sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 6:1. Penurunan konsentrasi COD ini berkaitan dengan surfaktan yang telah tereduksi oleh media kapur-semen, dimana surfaktan merupakan zat aktif yang terdapat dalam sampo ataupun sabun yang digunakan dalam proses pencucian mobil dan keberadaan COD dalam air limbah pencucian mobil terutama berasal dari penggunaan sampo ataupun sabun tersebut (Sari, 2007). Selain itu, proses pengadukan dengan kecepatan tertentu dapat meningkatkan suplai oksigen, sehingga menyebabkan kandungan oksigen meningkat. Dengan meningkatnya jumlah oksigen yang disebabkan oleh proses pengadukan, maka kebutuhan oksigen untuk mendegradasi bahan organik secara kimia akan berkurang dan konsentrasi COD pada sampel menurun (Islamawati *et al.*, 2018).

3.5.4.5 Konsentrasi Minyak dan Lemak Selama Pengulangan Proses *Batch*

Konsentrasi awal minyak dan lemak pada sampel sebelum dilakukan pengadukan adalah sebesar 16 mg/L. Konsentrasi minyak dan lemak pada sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 mengalami penurunan sebesar 12,50% setelah dilakukan pengadukan selama 30 menit. Adapun untuk sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 6:1 mengalami penurunan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 25,00% setelah dilakukan pengadukan 30 menit. Persentase penurunan konsentrasi minyak dan lemak paling besar didapatkan setelah dilakukan pengadukan terhadap sampel selama 120 menit. Sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 mengalami penurunan sebesar 50,00%, sedangkan sampel yang menggunakan media kapur-semen dengan rasio 6:1 mengalami penurunan sebesar 62,50%. Konsentrasi minyak dan lemak selama pengulangan proses *batch* ini dapat dilihat pada **Gambar 3.16**.



Gambar 3.16 Konsentrasi Minyak dan Lemak Selama Pengulangan Proses *Batch*

Setelah dilakukan analisis terhadap hasil pengulangan proses *batch* namun dengan volume sampel air limbah pencucian mobil sebanyak 1000 mL dalam satu *beaker glass* pada setiap waktu kontak, didapatkan perbedaan persentase penurunan konsentrasi polutan dengan proses *batch* sebelumnya. Persentase penurunan konsentrasi polutan yang lebih baik didapatkan dari proses *batch* yang menggunakan volume sampel sebanyak 1000 mL, serta tanpa mengurangi volume sampel untuk dianalisis setiap 30 menit pada variasi waktu kontak, dikarenakan volume 1000 mL tersebut disiapkan untuk masing-masing variasi waktu kontak. Volume sampel tersebut disesuaikan dengan SNI 19-6449-2000 tentang metode pengujian dengan *jar test* yang menyebutkan bahwa volume sampel uji yang digunakan adalah sebanyak 1000 mL.

Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa semakin lama waktu pengadukan maka penurunan konsentrasi polutan yang meliputi surfaktan, COD, serta minyak dan lemak pada air limbah pencucian mobil semakin meningkat. Kapur pada media kapur-semen ini memiliki kemampuan rilis secara perlahan

untuk mengikat surfaktan yang terdapat dalam air limbah pencucian mobil, sehingga surfaktan tereduksi (Suci, 2018). Reduksi surfaktan pada **Gambar 3.12** ini juga berkaitan dengan penurunan konsentrasi COD serta minyak dan lemak seperti pada **Gambar 3.15** dan **Gambar 3.16**, dimana surfaktan merupakan zat aktif yang terdapat dalam sampo ataupun sabun yang digunakan dalam proses pencucian mobil. Surfaktan ini juga memiliki sifat dapat mengikat minyak dan lemak. Adanya COD dalam air limbah pencucian mobil terutama berasal dari penggunaan sampo ataupun sabun tersebut (Sari, 2007). Akan tetapi, konsentrasi TSS dan nilai pH setelah dilakukan pengadukan semakin meningkat. Meningkatnya konsentrasi TSS disebabkan oleh hancurnya media kapur-semen akibat pengadukan, sedangkan peningkatan pH disebabkan oleh penggunaan kapur dalam media kapur-semen dimana kapur memiliki sifat basa (Budi, 2006).

Selanjutnya dapat dilakukan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) terhadap hasil penelitian pendahuluan tersebut. Hasil ANOVA untuk masing-masing parameter dapat dilihat pada **Tabel 3.2 – Tabel 3.6**.

Tabel 3.2 Hasil ANOVA Untuk Parameter Surfaktan

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,04139081	3	0,01379694	140,2000	0,00100965	9,2766282
Columns	0,00286961	1	0,00286961	29,1600	0,01244836	10,1279645
Error	0,00029523	3	9,8409E-05			
Total	0,04455564	7				

Tabel 3.3 Hasil ANOVA Untuk Parameter TSS

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,00619253	3	0,00206418	13,2000	0,03104714	9,2766282
Columns	0,04963408	1	0,04963408	317,4000	0,00038562	10,1279645
Error	0,00046913	3	0,00015638			
Total	0,05629574	7				

Tabel 3.4 Hasil ANOVA Untuk Parameter pH

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Rows</i>	0,46930556	3	0,15643519	3,4799	0,16652323	9,2766282
<i>Columns</i>	0,17013889	1	0,17013889	3,7848	0,14692666	10,1279645
<i>Error</i>	0,13486111	3	0,04495370			
Total	0,77430556	7				

Tabel 3.5 Hasil ANOVA Untuk Parameter COD

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Rows</i>	0,05500000	3	0,01833333	25,0000	0,01265649	9,2766282
<i>Columns</i>	0,00500000	1	0,00500000	6,8182	0,07960498	10,1279645
<i>Error</i>	0,00220000	3	0,00073333			
Total	0,06220000	7				

Tabel 3.6 Hasil ANOVA Untuk Parameter Minyak dan Lemak

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Rows</i>	0,16406250	3	0,05468750	21,0000	0,01622566	9,2766282
<i>Columns</i>	0,00781250	1	0,00781250	3,0000	0,18169011	10,1279645
<i>Error</i>	0,00781250	3	0,00260417			
Total	0,17968750	7				

Berdasarkan hasil ANOVA tersebut, didapatkan nilai $F > F_{crit}$ untuk waktu pengadukan terhadap parameter surfaktan, TSS, COD, serta minyak dan lemak, namun tidak pada parameter pH. Apabila nilai $F > F_{crit}$, maka perlakuan memiliki pengaruh yang signifikan. Oleh karena itu, hasil ANOVA tersebut menunjukkan bahwa waktu pengadukan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan konsentrasi surfaktan, COD, minyak dan lemak, serta peningkatan konsentrasi TSS. Semakin lama waktu pengadukan, maka penurunan konsentrasi surfaktan, COD, serta minyak dan lemak semakin meningkat. Akan tetapi, waktu pengadukan tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan pH.

3.6 Persiapan Penelitian

3.6.1 Pembuatan Media Kapur-Semen Rasio Terpilih

Pembuatan media kapur-semen dilakukan dengan mencampurkan kapur, semen, dan air yang selanjutnya dicetak dengan menggunakan cetakan berdiameter 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm. Masing-masing media direncanakan memiliki ketebalan sebesar 1 cm. Adapun rasio kapur-semen yang digunakan mengacu pada hasil penelitian pendahuluan. Media kapur-semen yang telah tercetak nantinya akan dikeringkan. Proses pengeringan dilakukan dengan menjemur media di bawah sinar matahari selama \pm 2 hari (Suci, 2018). Setelah kering, media kapur-semen dimasukkan ke dalam reaktor untuk digunakan pada tahap operasional. Estimasi jumlah media kapur-semen yang dibutuhkan dapat diketahui melalui perhitungan berikut ini :

Diameter 1 cm

$$\begin{aligned}\text{Estimasi jumlah media} &= 14 \times 14 \times 50 \\ &= 9800 \text{ buah}\end{aligned}$$

Diameter 1,5 cm

$$\begin{aligned}\text{Estimasi jumlah media} &= 9 \times 9 \times 50 \\ &= 4050 \text{ buah}\end{aligned}$$

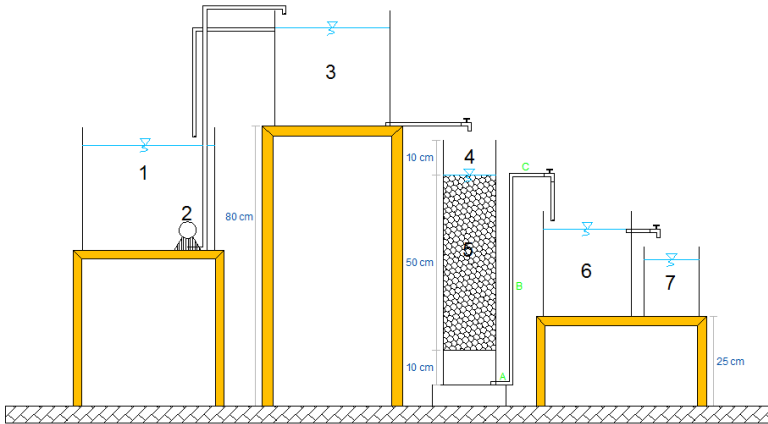
Diameter 2 cm

$$\begin{aligned}\text{Estimasi jumlah media} &= 7 \times 7 \times 50 \\ &= 2450 \text{ buah}\end{aligned}$$

Namun perhitungan untuk estimasi jumlah media kapur-semen yang dibutuhkan tersebut berdasarkan pada peletakan media kapur-semen yang disusun bertumpuk ke atas pada reaktor. Adapun untuk operasional reaktor nantinya penyusunan media kapur-semen akan dilakukan secara *random* kemudian dipadatkan hingga memenuhi tinggi ruang media yang direncanakan pada reaktor. Kedaaan media dapat menimbulkan variasi rongga antar media, sehingga penyusunannya harus diperhatikan untuk menghindari adanya aliran langsung atau aliran yang terlalu cepat saat air limbah melewati rongga di antara media dalam reaktor (Sasmitha, 2017). Peletakan dan penyusunan media di dalam reaktor dilakukan serapat mungkin (Salim *et al.*, 2018).

3.6.2 Pembuatan Reaktor

Sketsa rangkaian reaktor penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Sketsa Rangkaian Reaktor Penelitian

Keterangan gambar :

- 1 = Bak penampung I (kapasitas 50 L)
- 2 = Pompa *submersible*
- 3 = Bak penampung II (kapasitas 20 L)
- 4 = Reaktor media kapur-semen
- 5 = Media kapur-semen
- 6 = Bak pengendap
- 7 = Bak *effluent*

Permukaan reaktor direncanakan berbentuk persegi dengan dimensi panjang dan lebar sebesar 15 cm x 15 cm, serta ketebalan media sebesar 50 cm. *Head* pompa direncanakan sebesar 70 cm. Adapun tinggi *free board* dan *underdrain* direncanakan sebesar 10 cm. Pada bagian *underdrain* terdapat pipa *outlet* untuk mengalirkan *effluent* ke bak pengendap. Setelah dilakukan pengendapan, *effluent* tersebut akan dialirkan menuju bak *effluent* kemudian diuji konsentrasi surfaktan, COD, TSS, pH, serta minyak dan lemaknya. Adapun kriteria desain yang

digunakan sebagai acuan dalam pengoperasian reaktor dapat dilihat pada **Tabel 3.7**.

Tabel 3.7 Kriteria Desain

Parameter	Satuan	Nilai
<i>Hydraulic Loading Rate</i> (HLR)	m ³ /m ² .jam	< 2
Waktu detensi (td)	jam	6–10

Sumber : Casey (2006)

Debit yang akan dimasukkan ke dalam reaktor dihitung berdasarkan variasi waktu detensi. Menurut kriteria desain, waktu detensi berada pada rentang 6 – 10 jam. Dengan mengacu kriteria desain tersebut, variasi waktu detensi yang akan digunakan adalah 6 jam, 7 jam, dan 8 jam. Berikut merupakan perhitungan debit air limbah pencucian mobil yang akan dimasukkan ke dalam reaktor :

Volume reaktor

$$\begin{aligned}
 &= \text{luas permukaan} \times \text{ketinggian reaktor} \\
 &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{ketinggian reaktor} \\
 &= 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \\
 &= 13500 \text{ cm}^3 \\
 &= 13,50 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Volume media kapur-semen :

Diameter 1 cm

$$\begin{aligned}
 \text{Estimasi jumlah media} &= 9800 \text{ buah} \\
 \text{Tebal 1 buah media (h)} &= 1 \text{ cm} \\
 \text{Volume 1 buah media} &= \pi \times r^2 \times h \\
 &= 3,14 \times 0,50 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\
 &= 0,785 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Volume total media

$$\begin{aligned}
 &= \text{volume 1 buah media} \times \text{estimasi jumlah media} \\
 &= 0,785 \text{ cm}^3 \times 9800 \text{ buah} \\
 &= 7693 \text{ cm}^3 \\
 &= 7,70 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Diameter 1,5 cm

$$\text{Estimasi jumlah media} = 4050 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tebal 1 buah media (h)} &= 1 \text{ cm} \\
\text{Volume 1 buah media} &= \pi \times r^2 \times h \\
&= 3,14 \times 0,75 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\
&= 1,766 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume total media} &= \text{volume 1 buah media} \times \text{estimasi jumlah media} \\
&= 1,766 \text{ cm}^3 \times 4050 \text{ buah} \\
&= 7152 \text{ cm}^3 \\
&= 7,15 \text{ L}
\end{aligned}$$

Diameter 2 cm

$$\begin{aligned}
\text{Estimasi jumlah media} &= 2450 \text{ buah} \\
\text{Tebal 1 buah media (h)} &= 1 \text{ cm} \\
\text{Volume 1 buah media} &= \pi \times r^2 \times h \\
&= 3,14 \times 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\
&= 3,140 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume total media} &= \text{volume 1 buah media} \times \text{estimasi jumlah media} \\
&= 3,140 \text{ cm}^3 \times 2450 \text{ buah} \\
&= 7693 \text{ cm}^3 \\
&= 7,70 \text{ L}
\end{aligned}$$

Pipa venturi direncanakan menggunakan pipa PVC berdiameter 0,5 inchi dengan bagian A sepanjang 5 cm dan bagian B sepanjang 60,5 cm terisi penuh oleh air, sedangkan bagian C sepanjang 10 cm diasumsikan terisi setengah untuk dapat mengalirkan air dari reaktor menuju bak pengendap. Volume air pada pipa venturi didapatkan melalui perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned}
\text{Volume air di pipa venturi} &= \text{volume air di bagian pipa (A + B + C)} \\
&= (\pi \times r^2 \times h_A) + (\pi \times r^2 \times h_B) + 0,5(\pi \times r^2 \times h_C) \\
&= (\pi \times r^2 \times (h_A + h_B)) + 0,5(\pi \times r^2 \times h_C) \\
&= (3,14 \times (0,25 \text{ inchi})^2 \times (5 \text{ cm} + 60,5 \text{ cm})) + 0,5(3,14 \times (0,25 \text{ inchi})^2 \times 10 \text{ cm}) \\
&= (3,14 \times (0,64 \text{ cm})^2 \times 78,5 \text{ cm}) + 0,5(3,14 \times (0,64 \text{ cm})^2 \times 10 \text{ cm}) \\
&= 101,01 \text{ cm}^3 + 6,43 \text{ cm}^3 \\
&= 107,44 \text{ cm}^3 \\
&= 0,11 \text{ L}
\end{aligned}$$

Maka volume air yang masuk ke dalam reaktor adalah :

Diameter 1 cm

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang masuk ke reaktor} &= \text{volume reaktor} + \text{volume air di pipa venturi} - \\ &\quad \text{volume total media} \\ &= 13,50 \text{ L} + 0,11 \text{ L} - 7,70 \text{ L} \\ &= 5,91 \text{ L} \end{aligned}$$

Diameter 1,5 cm

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang masuk ke reaktor} &= \text{volume reaktor} + \text{volume air di pipa venturi} - \\ &\quad \text{volume total media} \\ &= 13,50 \text{ L} + 0,11 \text{ L} - 7,15 \text{ L} \\ &= 6,46 \text{ L} \end{aligned}$$

Diameter 2 cm

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang masuk ke reaktor} &= \text{volume reaktor} + \text{volume air di pipa venturi} - \\ &\quad \text{volume total media} \\ &= 13,50 \text{ L} + 0,11 \text{ L} - 7,70 \text{ L} \\ &= 5,91 \text{ L} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan volume air yang masuk ke reaktor, selanjutnya dapat dihitung debit air yang masuk ke reaktor melalui perhitungan berikut ini :

Diameter 1 cm

1. Untuk $t_d = 6$ jam pada reaktor, maka :
$$\begin{aligned} Q_{\text{reaktor}} &= \text{volume air yang masuk ke reaktor} / t_d \\ &= 5,91 \text{ L} / 6 \text{ jam} \\ &= 0,99 \text{ L/jam} \end{aligned}$$
2. Untuk $t_d = 7$ jam pada reaktor, maka :
$$\begin{aligned} Q_{\text{reaktor}} &= \text{volume air yang masuk ke reaktor} / t_d \\ &= 5,91 \text{ L} / 7 \text{ jam} \\ &= 0,84 \text{ L/jam} \end{aligned}$$
3. Untuk $t_d = 8$ jam pada reaktor, maka :
$$\begin{aligned} Q_{\text{reaktor}} &= \text{volume air yang masuk ke reaktor} / t_d \\ &= 5,91 \text{ L} / 8 \text{ jam} \\ &= 0,74 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

Diameter 1,5 cm

1. Untuk $t_d = 6$ jam pada reaktor, maka :
$$Q \text{ reaktor} = \text{volume air yang masuk ke reaktor} / t_d$$
$$= 6,46 \text{ L} / 6 \text{ jam}$$
$$= 1,08 \text{ L/jam}$$
2. Untuk $t_d = 7$ jam pada reaktor, maka :
$$Q \text{ reaktor} = \text{volume air yang masuk ke reaktor} / t_d$$
$$= 6,46 \text{ L} / 7 \text{ jam}$$
$$= 0,92 \text{ L/jam}$$
3. Untuk $t_d = 8$ jam pada reaktor, maka :
$$Q \text{ reaktor} = \text{volume air yang masuk ke reaktor} / t_d$$
$$= 6,46 \text{ L} / 8 \text{ jam}$$
$$= 0,81 \text{ L/jam}$$

Diameter 2 cm

1. Untuk $t_d = 6$ jam pada reaktor, maka :
$$Q \text{ reaktor} = \text{volume air yang masuk ke reaktor} / t_d$$
$$= 5,91 \text{ L} / 6 \text{ jam}$$
$$= 0,99 \text{ L/jam}$$
2. Untuk $t_d = 7$ jam pada reaktor, maka :
$$Q \text{ reaktor} = \text{volume air yang masuk ke reaktor} / t_d$$
$$= 5,91 \text{ L} / 7 \text{ jam}$$
$$= 0,84 \text{ L/jam}$$
3. Untuk $t_d = 8$ jam pada reaktor, maka :
$$Q \text{ reaktor} = \text{volume air yang masuk ke reaktor} / t_d$$
$$= 5,91 \text{ L} / 8 \text{ jam}$$
$$= 0,74 \text{ L/jam}$$

3.7 Penelitian Utama

3.7.1 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu detensi dan diameter media kapur-semen sebagai media artifisial. Variasi waktu detensi yang digunakan adalah 6 jam, 7 jam, dan 8 jam, sedangkan variasi diameter media kapur-semen yang digunakan sebesar 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm. Variasi waktu detensi tersebut dipilih karena waktu detensi memiliki kaitan dengan volume unit pengolahan. Volume unit pengolahan berbanding lurus dengan waktu detensi. Dengan debit yang sama, semakin lama waktu detensi maka volume unit pengolahan akan semakin

besar. Besarnya volume unit pengolahan tersebut akan mempengaruhi besarnya kebutuhan luas lahan apabila nantinya diaplikasikan di lapangan (Oktarina dan Helmi, 2013). Adapun pemilihan diameter media kapur-semen sebesar 1 cm mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Suci (2018), sedangkan diameter media kapur-semen sebesar 1,5 cm dan 2 cm mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Bujawati *et al.* (2014) yang menggunakan ukuran diameter tersebut pada media arang tempurung kelapa.

3.7.2 Parameter Penelitian

Parameter yang diteliti dalam penelitian ini adalah surfaktan, COD, TSS, pH, serta minyak dan lemak dari air limbah pencucian mobil. Metode pengujian untuk masing-masing parameter tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3.8**.

Tabel 3.8 Metode Pengujian Untuk Masing-Masing Parameter

No.	Parameter	Metode Pengujian	Sumber
1	Surfaktan	Spektrofotometri	SNI 06-6989.51-2005
2	COD	<i>Closed Reflux</i>	SNI 6989.73:2009
3	TSS	Gravimetri	SNI 06-6989.3-2004
4	pH	pH meter	SNI 06-6989.11-2004
5	Minyak dan lemak	Gravimetri	SNI 06-6989.10-2004

3.7.3 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air limbah pencucian mobil dilakukan di salah satu usaha pencucian mobil di Sidoarjo. Sampel tersebut diambil pada pipa *outlet* air limbah pencucian mobil yang akan memasuki saluran drainase. Sampel air limbah pencucian mobil diambil secara komposit. Pengambilan sampel dilakukan pada setiap tahap pencucian mobil yang dimulai dari pembilasan awal, penyabunan atau pembusaan, dan pembilasan akhir dengan volume yang sama untuk masing-masing tahapan. Seluruh air limbah pencucian mobil yang telah diambil pada masing-masing tahapan tersebut kemudian dikompositkan.

3.7.4 Operasional

Pada tahap ini digunakan reaktor yang terbuat dari akrilik. Reaktor yang digunakan terdiri atas 3 reaktor untuk ditempati oleh diameter media kapur-semen yang berbeda. Keterangan penggunaan masing-masing reaktor dapat dilihat pada **Tabel 3.9**.

Tabel 3.9 Penggunaan Reaktor

Waktu Detensi (td)	Media	Jumlah Reaktor
6 jam	Kapur-Semen (diameter = 1 cm)	1
7 jam		
8 jam		
6 jam	Kapur-Semen (diameter = 1,5 cm)	1
7 jam		
8 jam		
6 jam	Kapur-Semen (diameter = 2 cm)	1
7 jam		
8 jam		
Total		3

Sampel air limbah pencucian mobil yang dibutuhkan untuk pengoperasian ketiga reaktor tersebut satu kali *running* adalah sebesar 120 L, sehingga total untuk tiga kali *running* dibutuhkan sampel sebanyak 360 L. Sebelum reaktor dioperasikan, terlebih dahulu dilakukan uji parameter surfaktan, COD, TSS, pH, serta minyak dan lemak pada air limbah tersebut. Pengoperasian reaktor dilakukan dengan memompakan air limbah yang berada di dalam bak penampung I menuju bak penampung II menggunakan pompa *submersible*. Pada bak penampung II terdapat pipa yang dapat mengalirkan air limbah kembali ke bak penampung I yang dimaksudkan agar tidak terjadi pengendapan sebelum air limbah masuk ke dalam reaktor. Air limbah yang berada pada bak penampung II selanjutnya akan dialirkan menuju reaktor berisi media kapur-semen. Waktu detensi dihitung ketika air limbah masuk ke dalam reaktor berisi media kapur-semen hingga masuk ke dalam bak pengendap. Selanjutnya rangkaian reaktor akan tetap dijalankan sesuai dengan waktu detensi. Setelah itu, keran pada bak penampung II dapat ditutup. Air yang berada pada bak

pengendap akan didiamkan selama 4 jam untuk mengendapkan kapur yang luruh saat air melewati reaktor berisi media kapur-semen. Setelah dilakukan pengendapan, air akan dialirkan menuju bak *effluent* kemudian diuji konsentrasi surfaktan, COD, TSS, pH, serta minyak dan lemaknya. Sketsa rangkaian reaktor penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.17**.

3.8 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data dan pembahasan dilakukan berdasarkan tujuan dari penelitian. Pada tahap ini, semua data yang diperoleh dari penelitian pendahuluan hingga penelitian utama akan diolah sesuai dengan studi literatur. Analisis data dan pembahasan yang dilakukan berkaitan dengan karakteristik air limbah pencucian mobil, efisiensi penurunan konsentrasi surfaktan, COD, TSS, pH, serta minyak dan lemak pada air limbah pencucian mobil. Sampel yang dibutuhkan untuk analisis parameter-parameter tersebut adalah sebanyak 112 mL pada bak *effluent* dengan kebutuhan sampel sebesar 2 mL untuk analisis surfaktan, 10 mL untuk analisis COD, 25 mL untuk analisis TSS, 25 mL untuk analisis pH, serta 50 mL untuk analisis minyak dan lemak. Perhitungan efisiensi *removal* tersebut dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$\text{Efisiensi } removal = \frac{C(in) - C(out)}{C(in)} \times 100\%$$

Kemudian data hasil pengujian dan perhitungan dianalisis dengan menggunakan Microsoft Excel. Data tersebut nantinya akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Selanjutnya akan ditentukan pengaruh waktu operasional dan luas permukaan media kapur-semen terhadap penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil menggunakan uji ANOVA (*Analysis of Variance*). Sebelum dilakukan uji ANOVA, terlebih dahulu dihitung luas permukaan media kapur-semen sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total luas permukaan media kapur-semen berdiameter 1 cm} &= ((2 \times (\pi \times r^2)) + (\pi \times d \times h)) \times \text{estimasi jumlah media} \\ &= ((2 \times (3,14 \times (1 \text{ cm})^2)) + (3,14 \times 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm})) \times 9800 \\ &\text{buah} \\ &= 92316 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Total luas permukaan media kapur-semen berdiameter 1,5 cm} \\
& = ((2 \times (\pi \times r^2)) + (\pi \times d \times h)) \times \text{estimasi jumlah media} \\
& = ((2 \times (3,14 \times (1,5 \text{ cm})^2)) + (3,14 \times 1,5 \text{ cm} \times 1 \text{ cm})) \times 4050 \\
& \quad \text{buah} \\
& = 76302 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Total luas permukaan media kapur-semen berdiameter 2 cm} \\
& = ((2 \times (\pi \times r^2)) + (\pi \times d \times h)) \times \text{estimasi jumlah media} \\
& = ((2 \times (3,14 \times (2 \text{ cm})^2)) + (3,14 \times 2 \text{ cm} \times 1 \text{ cm})) \times 2450 \\
& \quad \text{buah} \\
& = 76930 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

3.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran disusun berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan. Kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan penelitian dan mempermudah pembaca dalam memperoleh gambaran hasil penelitian. Adapun saran bertujuan untuk memberikan rekomendasi perbaikan pada penelitian selanjutnya.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Color Tracer Test*

Color tracer test dilakukan untuk mengetahui waktu detensi aktual serta melihat sebaran aliran pada media di dalam reaktor. Media yang digunakan dalam reaktor untuk *color tracer test* merupakan media yang terbuat dari semen dengan variasi diameter media sebesar 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm seperti pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Variasi Diameter Media

Sebelum dilakukan *color tracer test*, terlebih dahulu dilakukan perhitungan debit air yang akan masuk ke dalam reaktor sesuai dengan jumlah media yang dapat dimasukkan ke dalam reaktor dengan peletakan secara *random*. Hal ini dilakukan karena perhitungan debit sebelumnya merupakan debit yang masuk ke dalam reaktor dengan jumlah media yang masih berupa estimasi dan perhitungan estimasi tersebut berdasarkan jika media disusun bertumpuk ke atas. Berikut ini merupakan perhitungannya :

Volume reaktor

$$\begin{aligned} &= \text{luas permukaan} \times \text{ketinggian reaktor} \\ &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{ketinggian reaktor} \\ &= 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \\ &= 13500 \text{ cm}^3 \\ &= 13,50 \text{ L} \end{aligned}$$

Volume media kapur-semen :

Diameter 1 cm

Jumlah media = 4685 buah
Kebutuhan semen = 11,24 kg
Kebutuhan air = 3,37 L
Tebal 1 buah media (h) = 1 cm
Volume 1 buah media = $\pi \times r^2 \times h$
= $3,14 \times 0,50 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$
= $0,785 \text{ cm}^3$
Volume total media = volume 1 buah media x jumlah media
= $0,785 \text{ cm}^3 \times 4685 \text{ buah}$
= $3677,73 \text{ cm}^3$
= 3,68 L

Diameter 1,5 cm

Jumlah media = 2515 buah
Kebutuhan semen = 11,20 kg
Kebutuhan air = 3,36 L
Tebal 1 buah media (h) = 1 cm
Volume 1 buah media = $\pi \times r^2 \times h$
= $3,14 \times 0,75 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$
= $1,766 \text{ cm}^3$
Volume total media = volume 1 buah media x jumlah media
= $1,766 \text{ cm}^3 \times 2515 \text{ buah}$
= $4442,12 \text{ cm}^3$
= 4,44 L

Diameter 2 cm

Jumlah media = 1500 buah
Kebutuhan semen = 11,26 kg
Kebutuhan air = 3,38 L
Tebal 1 buah media (h) = 1 cm
Volume 1 buah media = $\pi \times r^2 \times h$
= $3,14 \times 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$
= $3,140 \text{ cm}^3$
Volume total media = volume 1 buah media x jumlah media
= $3,140 \text{ cm}^3 \times 1500 \text{ buah}$
= 4710 cm^3
= 4,71 L

Pipa venturi menggunakan pipa PVC berdiameter 0,5 inci dengan bagian A sepanjang 18 cm dan bagian B sepanjang 60,5 cm terisi penuh oleh air, sedangkan bagian C sepanjang 13 cm diasumsikan terisi setengah untuk dapat mengalirkan air dari reaktor menuju bak pengendap. Volume air yang berada di pipa venturi didapatkan melalui perhitungan berikut ini :

Volume air di pipa venturi

$$\begin{aligned}
 &= \text{volume air di bagian pipa (A + B + C)} \\
 &= (\pi \times r^2 \times h_A) + (\pi \times r^2 \times h_B) + 0,5(\pi \times r^2 \times h_C) \\
 &= (\pi \times r^2 \times (h_A + h_B)) + 0,5(\pi \times r^2 \times h_C) \\
 &= (3,14 \times (0,25 \text{ inchi})^2 \times (18 \text{ cm} + 60,5 \text{ cm})) + 0,5(3,14 \times (0,25 \text{ inchi})^2 \times 13 \text{ cm}) \\
 &= (3,14 \times (0,64 \text{ cm})^2 \times 78,5 \text{ cm}) + 0,5(3,14 \times (0,64 \text{ cm})^2 \times 13 \text{ cm}) \\
 &= 101,01 \text{ cm}^3 + 8,36 \text{ cm}^3 \\
 &= 109,37 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,11 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Maka volume air yang masuk ke dalam reaktor adalah :

Diameter 1 cm

Volume air yang masuk ke reaktor

$$\begin{aligned}
 &= \text{volume reaktor} + \text{volume air di pipa venturi} - \\
 &\quad \text{volume total media} \\
 &= 13,50 \text{ L} + 0,11 \text{ L} - 3,68 \text{ L} \\
 &= 9,93 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Diameter 1,5 cm

Volume air yang masuk ke reaktor

$$\begin{aligned}
 &= \text{volume reaktor} + \text{volume air di pipa venturi} - \\
 &\quad \text{volume total media} \\
 &= 13,50 \text{ L} + 0,11 \text{ L} - 4,44 \text{ L} \\
 &= 9,17 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Diameter 2 cm

Volume air yang masuk ke reaktor

$$\begin{aligned}
 &= \text{volume reaktor} + \text{volume air di pipa venturi} - \\
 &\quad \text{volume total media} \\
 &= 13,50 \text{ L} + 0,11 \text{ L} - 4,71 \text{ L} \\
 &= 8,90 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan volume air yang masuk ke reaktor, selanjutnya dapat dihitung debit air yang masuk ke reaktor melalui perhitungan berikut ini :

Diameter 1 cm

1. Untuk $t_d = 6$ jam pada reaktor, maka :
Q reaktor = volume air yang masuk ke reaktor / t_d
= $9,93 \text{ L} / 6 \text{ jam}$
= $1,66 \text{ L/jam}$
= $27,59 \text{ mL/menit}$
2. Untuk $t_d = 7$ jam pada reaktor, maka :
Q reaktor = volume air yang masuk ke reaktor / t_d
= $9,93 \text{ L} / 7 \text{ jam}$
= $1,42 \text{ L/jam}$
= $23,65 \text{ mL/menit}$
3. Untuk $t_d = 8$ jam pada reaktor, maka :
Q reaktor = volume air yang masuk ke reaktor / t_d
= $9,93 \text{ L} / 8 \text{ jam}$
= $1,24 \text{ L/jam}$
= $20,69 \text{ mL/menit}$

Diameter 1,5 cm

1. Untuk $t_d = 6$ jam pada reaktor, maka :
Q reaktor = volume air yang masuk ke reaktor / t_d
= $9,17 \text{ L} / 6 \text{ jam}$
= $1,53 \text{ L/jam}$
= $25,47 \text{ mL/menit}$
2. Untuk $t_d = 7$ jam pada reaktor, maka :
Q reaktor = volume air yang masuk ke reaktor / t_d
= $9,17 \text{ L} / 7 \text{ jam}$
= $1,31 \text{ L/jam}$
= $21,83 \text{ mL/menit}$
3. Untuk $t_d = 8$ jam pada reaktor, maka :
Q reaktor = volume air yang masuk ke reaktor / t_d
= $9,17 \text{ L} / 8 \text{ jam}$
= $1,15 \text{ L/jam}$
= $19,10 \text{ mL/menit}$

Diameter 2 cm

1. Untuk $t_d = 6$ jam pada reaktor, maka :
Q reaktor = volume air yang masuk ke reaktor / t_d

- = 8,90 L / 6 jam
 - = 1,48 L/jam
 - = 24,72 mL/menit
2. Untuk $t_d = 7$ jam pada reaktor, maka :
- Q reaktor = volume air yang masuk ke reaktor / t_d
 - = 8,90 L / 7 jam
 - = 1,27 L/jam
 - = 21,19 mL/menit
3. Untuk $t_d = 8$ jam pada reaktor, maka :
- Q reaktor = volume air yang masuk ke reaktor / t_d
 - = 8,90 L / 8 jam
 - = 1,11 L/jam
 - = 18,54 mL/menit

Dalam pelaksanaannya, digunakan *fluorescent* sebagai bahan pewarna kuning kehijauan untuk ditambahkan pada air yang akan dialirkan pada reaktor yang telah berisi media. Pelaksanaan *color tracer test* dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Color Tracer Test

Hasil dari *color tracer test* dalam mengetahui waktu detensi aktual adalah sebagai berikut :

Untuk $t_d = 6$ jam

- Diameter media kapur-semen 1 cm = 6 jam 17 menit
- Diameter media kapur-semen 1,5 cm = 6 jam 12 menit
- Diameter media kapur-semen 2 cm = 6 jam 6 menit

Untuk $t_d = 7$ jam

- Diameter media kapur-semen 1 cm = 7 jam 11 menit
- Diameter media kapur-semen 1,5 cm = 7 jam 9 menit
- Diameter media kapur-semen 2 cm = 7 jam 6 menit

Untuk $t_d = 8$ jam

- Diameter media kapur-semen 1 cm = 8 jam 14 menit
- Diameter media kapur-semen 1,5 cm = 8 jam 11 menit
- Diameter media kapur-semen 2 cm = 8 jam 7 menit

4.2 Penelitian Utama

Pada penelitian utama ini digunakan variasi diameter media kapur-semen dan variasi waktu detensi. Media kapur-semen yang digunakan untuk penelitian utama memiliki rasio 1:1. Rasio tersebut didapatkan dari hasil penelitian pendahuluan secara *batch* menggunakan *jar test*, dimana rasio media kapur-semen 1:1 telah mampu menurunkan konsentrasi surfaktan sebesar 76,32% hingga tidak melebihi baku mutu dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 dengan peningkatan konsentrasi TSS dan pH yang tidak terlalu tinggi apabila dibandingkan dengan rasio kapur-semen yang lain. Peningkatan konsentrasi TSS yang terjadi adalah sebesar 40,00%, sedangkan peningkatan pH yang terjadi adalah sebesar 47,95%. Selain itu, media kapur-semen dengan rasio 1:1 juga mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar 64,00%, serta konsentrasi minyak dan lemak sebesar 50,00% dan keduanya juga tidak melebihi baku mutu yang berlaku. Parameter yang dianalisis dalam penelitian utama ini adalah surfaktan, TSS, pH, COD, serta minyak dan lemak.

4.2.1 Pengoperasian Reaktor

Pada penelitian ini, reaktor akan dioperasikan secara *continuous* dengan variasi waktu detensi adalah 6 jam, 7 jam, dan 8 jam, serta dilanjutkan dengan proses pengendapan selama 4 jam

untuk mengendapkan kapur yang luruh saat air melewati reaktor. Oleh karena itu, waktu operasional reaktor menjadi 10 jam, 11 jam, dan 12 jam yang berasal dari gabungan waktu detensi pada reaktor dengan proses pengendapan. Pengambilan *effluent* dilakukan setiap 1 jam pengendapan untuk dianalisis. Sampel air limbah pencucian mobil yang dibutuhkan untuk pengoperasian ketiga reaktor tersebut satu kali *running* adalah sebesar 135 L, sehingga total untuk tiga kali *running* dibutuhkan sampel sebanyak 405 L. Parameter yang dianalisis meliputi surfaktan, TSS, pH, COD, serta minyak dan lemak. Reaktor yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Reaktor Penelitian

Adapun kebutuhan kapur dan semen untuk media kapur-semen yang digunakan adalah sebagai berikut :

Diameter 1 cm dengan jumlah media 4685 buah

Kebutuhan kapur = 5,62 kg

Kebutuhan semen = 5,62 kg

Kebutuhan air = 3,37 L

Diameter 1,5 cm dengan jumlah media 2515 buah

Kebutuhan kapur = 5,60 kg

Kebutuhan semen = 5,60 kg

Kebutuhan air = 3,36 L

Diameter 2 cm dengan jumlah media 1500 buah

Kebutuhan kapur = 5,63 kg

Kebutuhan semen = 5,63 kg

Kebutuhan air = 3,38 L

4.2.2 Analisis Konsentrasi Surfaktan Menggunakan Media Kapur-Semen

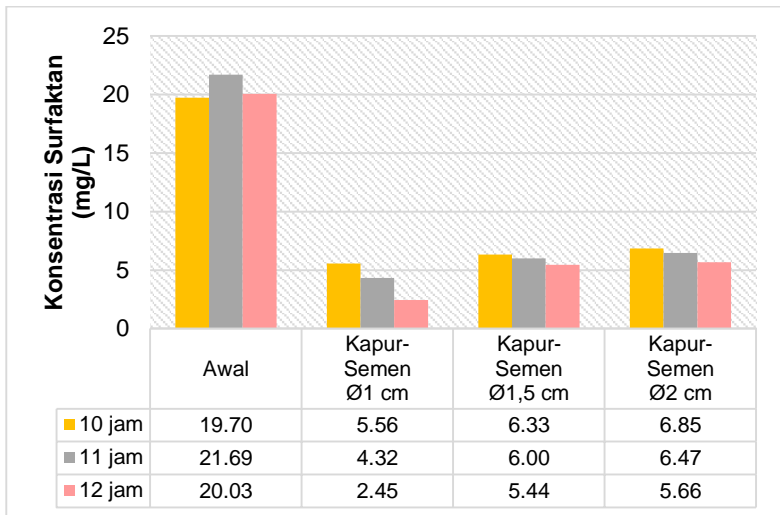
Analisis surfaktan dilakukan karena surfaktan merupakan bahan pembersih utama yang terkandung dalam sampo ataupun sabun yang digunakan dalam proses pencucian mobil. Kapur pada media kapur-semen akan mengikat surfaktan dan mereduksi surfaktan tersebut. Analisis surfaktan dilakukan sesuai prosedur yang tercantum pada **Lampiran 1**. Hasil analisis surfaktan awal air limbah pencucian mobil dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Surfaktan Awal

Waktu Operasional (jam)	Konsentrasi Surfaktan Awal (mg/L)
10	19,70
11	21,69
12	20,03

Setelah dilakukan analisis terhadap konsentrasi surfaktan *effluent*, dapat diketahui bahwa media kapur-semen berdiameter 1 cm mampu mereduksi surfaktan sebesar 71,80% pada waktu operasional 10 jam, 80,09% pada waktu operasional 11 jam, dan 87,77% pada waktu operasional 12 jam. Ketiga persentase reduksi surfaktan tersebut dihitung ketika *effluent* dari reaktor media kapur-semen telah diendapkan selama 4 jam. Adapun untuk media kapur-semen berdiameter 1,5 cm mampu mereduksi surfaktan sebesar 67,85% pada waktu operasional 10 jam, 72,32% pada waktu operasional 11 jam, dan 72,84% pada waktu operasional 12 jam. Persentase reduksi surfaktan paling rendah didapatkan dari media kapur-semen berdiameter 2 cm, yaitu sebesar 65,25% pada waktu operasional 10 jam, 70,18% pada waktu operasional 11 jam,

dan 71,77% pada waktu operasional 12 jam. Hasil analisis konsentrasi surfaktan menggunakan media kapur-semen dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Hasil Analisis Konsentrasi Surfaktan

Persentase reduksi surfaktan tersebut meningkat seiring dengan lamanya waktu operasional. Semakin lama waktu kontak antara air limbah dengan media kapur-semen, maka akan terjadi peningkatan reduksi surfaktan, dimana kapur akan rilis secara perlahan dari media kapur-semen dan ion Ca^{2+} akan mengikat surfaktan (Suci, 2018). Ketiga variasi diameter media kapur-semen yang meliputi ukuran 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm mampu mereduksi surfaktan pada air limbah pencucian mobil hingga tidak melebihi baku mutu yang berlaku, dimana nilai maksimum konsentrasi surfaktan yang diperbolehkan sebesar 10 mg/L berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Namun, ketiga variasi diameter kapur-semen tersebut memiliki efisiensi reduksi surfaktan yang berbeda-beda. Media kapur-semen berdiameter 1 cm memiliki efisiensi reduksi surfaktan yang terbaik dibandingkan dengan media kapur-semen berdiameter 1,5 cm dan 2 cm.

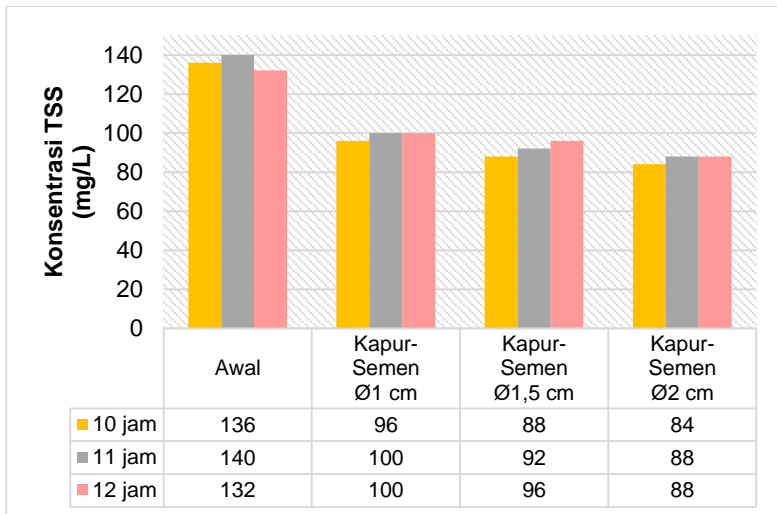
4.2.3 Analisis Konsentrasi TSS Menggunakan Media Kapur-Semen

Analisis TSS dilakukan sesuai prosedur yang tercantum pada **Lampiran 1**. Hasil analisis TSS awal air limbah pencucian mobil dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Hasil Analisis TSS Awal

Waktu Operasional (jam)	Konsentrasi TSS Awal (mg/L)
10	136
11	140
12	132

Hasil analisis konsentrasi TSS pada air limbah pencucian mobil ketika menggunakan media kapur-semen dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Hasil Analisis Konsentrasi TSS

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa media kapur-semen berdiameter 1 cm mampu menurunkan konsentrasi TSS sebesar 29,41% pada waktu operasional 10 jam, 28,57% pada waktu operasional 11 jam, dan 24,24% pada waktu operasional 12 jam. Ketiga persentase penurunan konsentrasi TSS tersebut dihitung ketika *effluent* dari reaktor media kapur-semen telah diendapkan selama 4 jam. Pengendapan dilakukan untuk mengendapkan kapur yang rilis dari media kapur-semen selama air limbah dilewatkan dalam reaktor (Suci, 2018). Untuk media kapur-semen berdiameter 1,5 cm mampu menurunkan konsentrasi TSS sebesar 35,29% pada waktu operasional 10 jam, 34,29% pada waktu operasional 11 jam, dan 27,27% pada waktu operasional 12 jam. Adapun untuk media kapur-semen berdiameter 2 cm, didapatkan persentase penurunan konsentrasi TSS sebesar 38,24% pada waktu operasional 10 jam, 37,14% pada waktu operasional 11 jam, dan 33,33% pada waktu operasional 12 jam. Konsentrasi TSS *effluent* yang didapatkan dari ketiga variasi diameter media kapur-semen tidak melebihi baku mutu yang berlaku, dimana nilai maksimum konsentrasi TSS yang diperbolehkan sebesar 100 mg/L berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

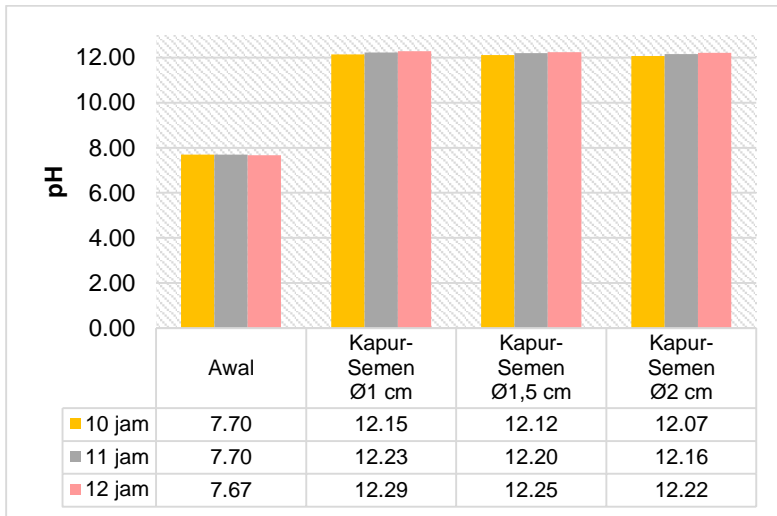
4.2.4 Analisis Nilai pH Menggunakan Media Kapur-Semen

Analisis pH dilakukan untuk mengetahui pH *effluent* air limbah pencucian mobil yang telah dilewatkan pada reaktor media kapur-semen. Analisis pH dilakukan sesuai prosedur yang tercantum pada **Lampiran 1**. Hasil analisis pH awal air limbah pencucian mobil dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Hasil Analisis pH Awal

Waktu Operasional (jam)	pH Awal
10	7,70
11	7,70
12	7,67

Hasil analisis pH pada air limbah pencucian mobil ketika menggunakan media kapur-semen dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Hasil Analisis Nilai pH

Berdasarkan **Gambar 4.6**, dapat diketahui bahwa penggunaan media kapur-semen berdiameter 1 cm menyebabkan peningkatan pH air limbah pencucian mobil sebesar 57,79% pada waktu operasional 10 jam, 58,83% pada waktu operasional 11 jam, dan 60,23% pada waktu operasional 12 jam. Selain itu, penggunaan media kapur-semen berdiameter 1,5 cm juga menyebabkan peningkatan pH air limbah pencucian mobil, yaitu sebesar 57,40% pada waktu operasional 10 jam, 58,44% pada waktu operasional 11 jam, dan 59,71% pada waktu operasional 12 jam. Adapun penggunaan media kapur-semen berdiameter 2 cm menyebabkan peningkatan pH air limbah pencucian mobil sebesar 56,75% pada waktu operasional 10 jam, 57,92% pada waktu operasional 11 jam, dan 59,32% pada waktu operasional 12 jam.

Peningkatan pH tersebut disebabkan oleh penggunaan kapur pada media kapur-semen, dimana kapur bersifat basa menurut Budi (2006) dan lepasnya ion Ca^{2+} dari media kapur-semen tersebut (Suci, 2018). Peningkatan pH pada ketiga variasi

diameter media kapur-semen yang meliputi ukuran 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm menyebabkan *effluent* melebihi baku mutu yang berlaku, dimana nilai pH seharusnya berada pada rentang nilai 6 – 9 berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

4.2.5 Analisis Konsentrasi COD Menggunakan Media Kapur-Semen

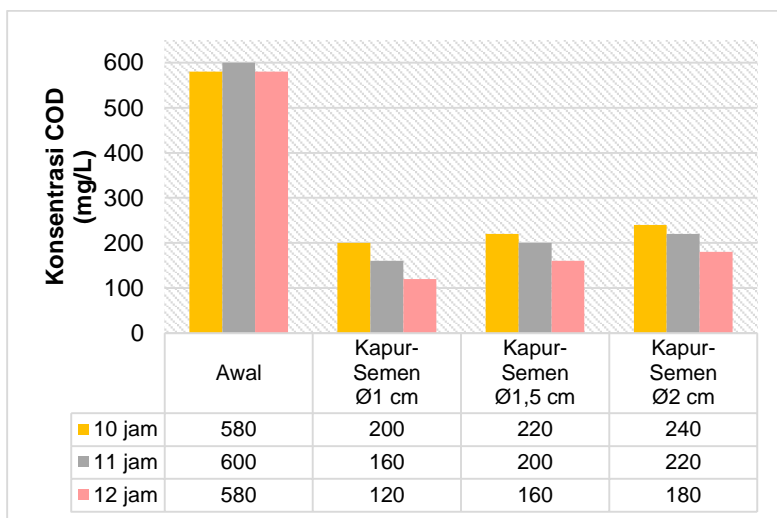
Analisis COD dilakukan karena adanya COD dalam air limbah pencucian mobil terutama berasal dari penggunaan sampo ataupun sabun dalam proses pencucian mobil. Di dalam sampo ataupun sabun tersebut terdapat surfaktan atau zat aktif dengan tegangan permukaan yang lebih tinggi dibandingkan air, sehingga suplai oksigen ke dalam air menjadi terganggu dan menyebabkan kandungan oksigen dalam air limbah pencucian mobil menurun (Sari, 2007). Analisis COD dilakukan sesuai prosedur yang tercantum pada **Lampiran 1**. Hasil analisis COD awal air limbah pencucian mobil dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Hasil Analisis COD Awal

Waktu Operasional (jam)	Konsentrasi COD Awal (mg/L)
10	580
11	600
12	580

Setelah dilakukan analisis terhadap konsentrasi COD *effluent*, dapat diketahui bahwa media kapur-semen berdiameter 1 cm mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar 65,52% pada waktu operasional 10 jam, 73,33% pada waktu operasional 11 jam, dan 79,31% pada waktu operasional 12 jam. Ketiga persentase penurunan konsentrasi COD tersebut dihitung ketika *effluent* dari reaktor media kapur-semen telah diendapkan selama 4 jam. Lain halnya dengan media kapur-semen berdiameter 1,5 cm, persentase penurunan konsentrasi COD yang didapatkan adalah sebesar 62,07% pada waktu operasional 10 jam, 66,67% pada waktu operasional 11 jam, dan 72,41% pada waktu operasional 12

jam. Adapun untuk media kapur-semen berdiameter 2 cm memiliki persentase penurunan konsentrasi COD yang paling rendah dibandingkan dengan media kapur-semen berdiameter 1 cm dan 1,5 cm, yaitu sebesar 58,62% pada waktu operasional 10 jam, 63,33% pada waktu operasional 11 jam, dan 68,97% pada waktu operasional 12 jam. Hasil analisis konsentrasi COD pada air limbah pencucian mobil ketika menggunakan media kapur-semen dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.7 Hasil Analisis Konsentrasi COD

Persentase penurunan konsentrasi COD tersebut meningkat seiring dengan lamanya waktu operasional. Lamanya waktu kontak antara media kapur-semen dengan air limbah mempengaruhi proses reduksi zat organik (Suci, 2018). Penurunan konsentrasi COD ini disebabkan oleh surfaktan yang telah tereduksi oleh media kapur-semen, dimana surfaktan merupakan zat aktif yang terdapat dalam sampo ataupun sabun yang digunakan dalam proses pencucian mobil. Adanya COD dalam air limbah pencucian mobil terutama berasal dari penggunaan sampo ataupun sabun tersebut (Sari, 2007). Ketiga variasi diameter media kapur-semen yang meliputi ukuran 1 cm,

1,5 cm, dan 2 cm mampu menurunkan konsentrasi COD pada air limbah pencucian mobil hingga tidak melebihi baku mutu yang berlaku, dimana nilai maksimum konsentrasi COD yang diperbolehkan sebesar 250 mg/L berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

4.2.6 Analisis Konsentrasi Minyak dan Lemak Menggunakan Media Kapur-Semen

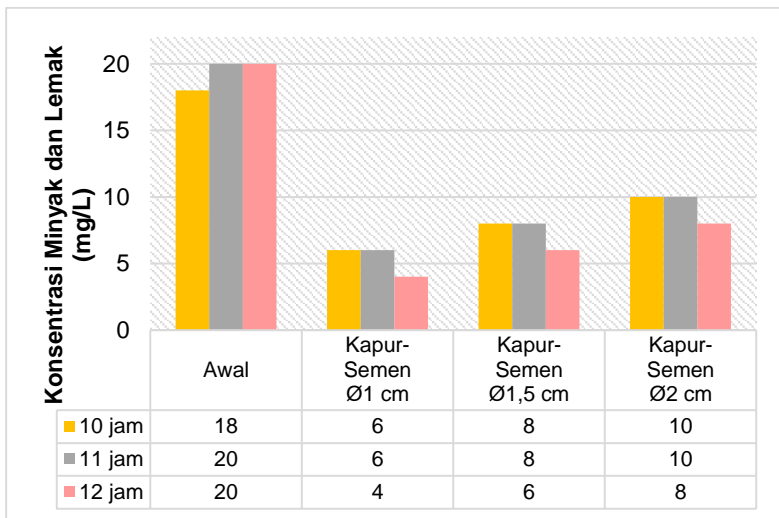
Analisis minyak dan lemak dilakukan karena parameter tersebut dapat berasal dari proses pembersihan mesin-mesin mobil, sehingga ketika dilakukan pembilasan akhir, minyak dan lemak yang berasal dari oli-oli pada mesin akan terbawa oleh pemakaian sampo ataupun sabun pencuci mobil karena mengandung surfaktan yang bersifat mampu mengikat minyak dan lemak (Sari, 2007). Analisis minyak dan lemak dilakukan sesuai prosedur yang tercantum pada **Lampiran 1**. Hasil analisis minyak dan lemak awal air limbah pencucian mobil dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Hasil Analisis Minyak dan Lemak Awal

Waktu Operasional (jam)	Konsentrasi Minyak dan Lemak Awal (mg/L)
10	18
11	20
12	20

Hasil analisis terhadap *effluent* menunjukkan bahwa media kapur-semen berdiameter 1 cm mampu menurunkan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 66,67% pada waktu operasional 10 jam, 70,00% pada waktu operasional 11 jam, dan 80,00% pada waktu operasional 12 jam. Ketiga persentase penurunan konsentrasi minyak dan lemak tersebut dihitung ketika *effluent* dari reaktor media kapur-semen telah diendapkan selama 4 jam. Adapun untuk media kapur-semen berdiameter 1,5 cm mampu menurunkan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 55,56% pada waktu operasional 10 jam, 60,00% pada waktu operasional 11 jam, dan 70,00% pada waktu operasional 12 jam.

Berbeda dengan media kapur-semen berdiameter 1 cm dan 1,5 cm, persentase penurunan konsentrasi minyak dan lemak oleh media kapur-semen berdiameter 2 cm adalah sebesar 44,44% pada waktu operasional 10 jam, 50,00% pada waktu operasional 11 jam, dan 60,00% pada waktu operasional 12 jam. Hasil analisis konsentrasi minyak dan lemak pada air limbah pencucian mobil ketika menggunakan media kapur-semen dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.8 Hasil Analisis Konsentrasi Minyak dan Lemak

Penurunan konsentrasi minyak dan lemak ini disebabkan oleh surfaktan yang telah tereduksi oleh media kapur-semen, dimana surfaktan merupakan zat aktif yang terdapat dalam sampo ataupun sabun pencuci mobil dan bersifat mampu mengikat minyak dan lemak (Sari, 2007). Ketiga variasi diameter media kapur-semen yang meliputi ukuran 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm mampu menurunkan konsentrasi minyak dan lemak pada air limbah pencucian mobil hingga tidak melebihi baku mutu yang berlaku, dimana nilai maksimum konsentrasi minyak dan lemak yang diperbolehkan sebesar 10 mg/L berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

4.3 Pengaruh Waktu Operasional dan Luas Permukaan Media

Pada penelitian utama digunakan variasi waktu detensi yang dilanjutkan dengan waktu pengendapan, sehingga menjadi waktu operasional serta variasi diameter media kapur-semen yang berkaitan dengan luas permukaan media. Luas permukaan media kapur-semen dihitung berdasarkan diameter dan jumlah media kapur-semen yang digunakan dalam reaktor. Jumlah media kapur-semen yang digunakan dalam reaktor adalah sebagai berikut :

Diameter 1 cm	= 4685 buah
Diameter 1,5 cm	= 2515 buah
Diameter 2 cm	= 1500 buah

Dari data jumlah media kapur-semen yang digunakan, maka dapat diketahui total luas permukaan media untuk masing-masing diameter melalui perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{Total luas permukaan media kapur-semen berdiameter 1 cm} &= ((2 \times (\pi \times r^2)) + (\pi \times d \times h)) \times \text{jumlah media} \\ &= ((2 \times (3,14 \times (1 \text{ cm})^2)) + (3,14 \times 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm})) \times 4685 \\ &\text{buah} \\ &= 22066,35 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total luas permukaan media kapur-semen berdiameter 1,5 cm} &= ((2 \times (\pi \times r^2)) + (\pi \times d \times h)) \times \text{jumlah media} \\ &= ((2 \times (3,14 \times (1,5 \text{ cm})^2)) + (3,14 \times 1,5 \text{ cm} \times 1 \text{ cm})) \times 2515 \\ &\text{buah} \\ &= 20729,89 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total luas permukaan media kapur-semen berdiameter 2 cm} &= ((2 \times (\pi \times r^2)) + (\pi \times d \times h)) \times \text{jumlah media} \\ &= ((2 \times (3,14 \times (2 \text{ cm})^2)) + (3,14 \times 2 \text{ cm} \times 1 \text{ cm})) \times 1500 \\ &\text{buah} \\ &= 18840,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan uji statistik menggunakan metode ANOVA (*Analysis of Variance*) untuk mengetahui pengaruh waktu operasional dan luas permukaan media terhadap efisiensi penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil.

Dalam hal ini, digunakan *two way* ANOVA untuk mengamati pengaruh dari dua variabel (Tannady dan Wahyu, 2015). *Two way* ANOVA dilakukan menggunakan pilihan *data analysis* yang terdapat dalam Microsoft Excel. Data beserta hasil ANOVA dapat dilihat pada **Tabel 4.6 – Tabel 4.12**.

Tabel 4.6 Data Persentase Penurunan Konsentrasi Polutan Untuk ANOVA

Parameter	Waktu Operasional	Luas Permukaan Ø1 cm (22066,35 cm ²)	Luas Permukaan Ø1,5 cm (20729,89 cm ²)	Luas Permukaan Ø2 cm (18840,00 cm ²)
Surfaktan	10 jam	71,80%	67,85%	65,25%
	11 jam	80,09%	72,32%	70,18%
	12 jam	87,77%	72,84%	71,77%
COD	10 jam	65,52%	62,07%	58,62%
	11 jam	73,33%	66,67%	63,33%
	12 jam	79,31%	72,41%	68,97%
Minyak dan Lemak	10 jam	66,67%	55,56%	44,44%
	11 jam	70,00%	60,00%	50,00%
	12 jam	80,00%	70,00%	60,00%
TSS	10 jam	29,41%	35,29%	38,24%
	11 jam	28,57%	34,29%	37,14%
	12 jam	24,24%	27,27%	33,33%

Tabel 4.7 Data Persentase Peningkatan pH Untuk ANOVA

Waktu Operasional	Luas Permukaan Ø1 cm (22066,35 cm ²)	Luas Permukaan Ø1,5 cm (20729,89 cm ²)	Luas Permukaan Ø2 cm (18840,00 cm ²)
10 jam	57,79%	57,40%	56,75%
11 jam	58,83%	58,44%	57,92%
12 jam	60,23%	59,71%	59,32%

Tabel 4.8 Hasil ANOVA Untuk Parameter Surfaktan

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Sample</i>	0,07532873	2	0,03766437	72,0601912	2,5901E-13	3,25944631
<i>Columns</i>	0,08060250	2	0,04030125	77,1051302	9,7103E-14	3,25944631
<i>Interaction</i>	0,01842186	4	0,00460547	8,8112653	4,5677E-05	2,63353209
<i>Within</i>	0,01881645	36	0,00052268			
Total	0,19316955	44				

Tabel 4.9 Hasil ANOVA Untuk Parameter COD

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Sample</i>	0,08386894	2	0,04193447	124,912239	6,3629E-17	3,25944631
<i>Columns</i>	0,05710521	2	0,02855260	85,051030	2,2907E-14	3,25944631
<i>Interaction</i>	0,00183626	4	0,00045907	1,367441	0,26451020	2,63353209
<i>Within</i>	0,01208561	36	0,00033571			
Total	0,15489602	44				

Tabel 4.10 Hasil ANOVA Untuk Parameter Minyak dan Lemak

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Sample</i>	0,16419753	2	0,08209877	3,65880E+21	0,00000	3,25944631
<i>Columns</i>	0,32263374	2	0,16131687	7,18922E+21	0,00000	3,25944631
<i>Interaction</i>	0,00082305	4	0,00020576	9,16993E+18	0,00000	2,63353209
<i>Within</i>	8,0779E-22	36	2,2439E-23			
Total	0,48765432	44				

Tabel 4.11 Hasil ANOVA Untuk Parameter TSS

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Sample</i>	0,00469497	2	0,00234749	243,472921	1,20566E-21	3,25944631
<i>Columns</i>	0,00071806	2	0,00035903	37,2373264	1,71679E-09	3,25944631
<i>Interaction</i>	7,1660E-06	4	1,7915E-06	0,18580887	0,94427463	2,63353209
<i>Within</i>	3,4710E-04	36	9,6417E-06			
Total	0,00576730	44				

Tabel 4.12 Hasil ANOVA Untuk Parameter pH

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0,00174363	2	0,00087181	0,10234855	0,90297657	3,25944631
Columns	0,05133658	2	0,02566829	3,01338494	0,06165621	3,25944631
Interaction	0,00135070	4	0,00033767	0,03964207	0,99687065	2,63353209
Within	0,30665133	36	0,00851809			
Total	0,36108225	44				

Pada tabel hasil ANOVA, apabila $F < F_{crit}$, maka perlakuan tidak berpengaruh secara signifikan, namun apabila $F > F_{crit}$, maka perlakuan berpengaruh secara signifikan. Berdasarkan hasil ANOVA dalam **Tabel 4.8 – Tabel 4.12** didapatkan hasil $F > F_{crit}$, maka waktu operasional dan luas permukaan media kapur-semen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil yang meliputi surfaktan, COD, minyak dan lemak, serta TSS, namun tidak berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan pH. Semakin kecil diameter media kapur-semen maka semakin luas permukaan bidang kontak antara media dengan air limbah pencucian mobil yang menyebabkan terjadinya peningkatan persentase penurunan konsentrasi polutan pada air limbah tersebut. Adapun waktu operasional juga mempengaruhi persentase penurunan konsentrasi polutan, dimana semakin lama waktu operasional maka penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil akan semakin meningkat.

Berdasarkan pembahasan di atas, media kapur-semen mampu menurunkan konsentrasi polutan yang meliputi surfaktan, TSS, COD, serta minyak dan lemak pada air limbah pencucian mobil dengan didapatkan *effluent* yang tidak melebihi baku mutu. Media kapur-semen ini memiliki kemampuan rilis secara perlahan untuk mengikat surfaktan yang terdapat dalam air limbah pencucian mobil, sehingga surfaktan tereduksi (Suci, 2018). Reduksi surfaktan pada **Gambar 4.4** ini juga berkaitan dengan penurunan konsentrasi COD serta minyak dan lemak seperti pada **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8**, dimana surfaktan merupakan zat aktif yang terdapat dalam sampo ataupun sabun yang digunakan dalam proses pencucian mobil. Surfaktan ini juga memiliki sifat

dapat mengikat minyak dan lemak. Adanya COD dalam air limbah pencucian mobil terutama berasal dari penggunaan sampo ataupun sabun tersebut (Sari, 2007). Akan tetapi, penggunaan kapur dalam media kapur-semen dimana kapur memiliki sifat basa menyebabkan terjadinya peningkatan pH pada *effluent* hingga berada pada kisaran 12 dan melebihi baku mutu yang berlaku. pH merupakan salah satu parameter kimia yang memiliki peranan penting di suatu perairan. pH memiliki pengaruh yang besar terhadap kehidupan tumbuhan dan hewan akuatik (Amri *et al.*, 2018). pH juga dapat mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia dan proses biokimiawi perairan. Senyawa amonium yang dapat terionisasi banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH rendah. Amonium bersifat tidak toksik (*innocuous*). Namun, pada suasana alkalis (pH tinggi) lebih banyak ditemukan amonia yang tidak terionisasi (*unionized*) dan bersifat toksik. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5 (Effendi, 2003).

Oleh karena itu, diperlukan proses netralisasi terlebih dahulu untuk menurunkan pH *effluent*. Selain itu, diperlukan pula pengolahan lebih lanjut untuk mengolah endapan yang dihasilkan dari rilisnya kapur saat berikatan dengan surfaktan ketika air limbah pencucian mobil dilewatkan pada media kapur-semen. Adapun terkait dengan pengaruh dari waktu operasional dan luas permukaan media kapur-semen terhadap penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil berdasarkan ANOVA (*Analysis of Variance*) didapatkan hasil bahwa waktu operasional dan luas permukaan media kapur-semen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil yang meliputi surfaktan, COD, minyak dan lemak, serta TSS, namun tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan pH. Hasil yang didapatkan ini juga sama dengan ketika dilakukan uji ANOVA pada penelitian pendahuluan secara *batch*, dimana semakin lama waktu pengadukan atau waktu kontak antara media kapur-semen dengan air limbah pencucian mobil didapatkan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan konsentrasi polutannya namun tidak berpengaruh signifikan pada peningkatan pH.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil menggunakan media kapur-semen dengan rasio 1:1 untuk parameter surfaktan, COD, serta minyak dan lemak yang terbaik yaitu pada penggunaan media kapur-semen dengan diameter 1 cm dan waktu operasional 12 jam. Persentase penurunan konsentrasi surfaktan yang didapatkan sebesar 87,77%, COD sebesar 79,31%, serta minyak dan lemak sebesar 80,00%. Adapun untuk efisiensi penurunan konsentrasi TSS yang terbaik didapatkan dari penggunaan media kapur-semen dengan diameter 2 cm dan waktu operasional 10 jam yaitu sebesar 38,24%.
2. Berdasarkan ANOVA (*Analysis of Variance*), didapatkan hasil bahwa waktu operasional dan luas permukaan media kapur-semen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan konsentrasi polutan yang meliputi surfaktan, COD, minyak dan lemak, serta TSS pada air limbah pencucian mobil dengan didapatkan *effluent* yang tidak melebihi baku mutu, namun tidak berpengaruh signifikan terhadap peningkatan pH. Semakin kecil diameter media kapur-semen maka semakin luas permukaan bidang kontak antara media dengan air limbah pencucian mobil yang menyebabkan terjadinya peningkatan persentase penurunan konsentrasi polutan serta semakin lama waktu operasional maka penurunan konsentrasi polutan pada air limbah pencucian mobil akan semakin meningkat.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan sebagai rekomendasi antara lain dikarenakan pH *effluent* masih cukup tinggi yaitu berada pada kisaran 12, maka dibutuhkan proses netralisasi terlebih dahulu agar pH *effluent* memenuhi baku mutu yang berlaku. Selain itu, apabila media kapur-semen ini diimplementasikan di lapangan, maka diperlukan pula pengolahan lebih lanjut untuk mengolah endapan yang dihasilkan dari rilisnya kapur saat berikatan dengan surfaktan ketika air limbah pencucian mobil dilewatkan pada media kapur-semen.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Yelmida, dan Friska I. P. 2011. "Penyisihan Minyak Lemak yang Terkandung dalam Limbah Cair Industri Minyak Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit". **Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"** : 1 – 8.
- Amri, K., Muchlizar, dan Asep M. 2018. "Variasi Bulanan Salinitas, pH, dan Oksigen Terlarut di Perairan Estuari Bengkalis". **Majalah Ilmiah Globe** 20 (2) : 57 – 66.
- Arnelli. 2010. "Sublasi Surfaktan dari Larutan Detergen dan Larutan Detergen Sisa Cucian Serta Penggunaannya Kembali sebagai Detergen". **Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi** 13 (1) : 4 – 7.
- Assomadi, A. F. dan Ali M. 2016. **Operasi dan Proses Pengolahan Air Edisi Kedua**. Surabaya : ITS Press.
- Belladona, M. 2017. "Analisis Tingkat Pencemaran Sungai Akibat Limbah Industri Karet di Kabupaten Bengkulu Tengah". **Seminar Nasional Sains dan Teknologi**.
- Budi, S. S. 2006. **Penurunan Fosfat dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas, dan Filtrasi Zeolit Pada Limbah Cair (Studi Kasus RS Bethesda Yogyakarta)**. Tesis. Universitas Diponegoro.
- Bujawati, E., Muhammad R., dan Syahrul B. 2014. "Pengaruh Ketebalan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Tingkat Kesadahan Air di Wilayah Kerja Puskesmas Sudu Kabupaten Enrekang Tahun 2013". **Jurnal Kesehatan** 7 (1) : 332 – 345.
- Casey, T. J. 2006. **Unit Treatment Processes in Water and Wastewater Engineering**. Blackrock : Aquavara Research Limited.
- Chrisafitri, R. A. 2012. **Pengolahan Air Limbah Pencucian Mobil dengan Reaktor Saringan Pasir Lambat dan Karbon Aktif**. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Darmawan, A., Dian A., dan Gunawan. 2008. "Pengaruh Substitusi Semen oleh Silika Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan dan Suhu Reaksi Semen Portland". **Jurnal Kimia dan Sains Aplikasi** 11 (1) : 15 – 19.

- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Yogyakarta : Kanisius.
- Evy, Anis, dan Agusfian. 2013. "Penurunan COD, TSS, dan Minyak Lemak Pada Limbah Cair Pencucian Mobil dengan Unit Pengolahan Trickling Filter (Studi Kasus Limbah Cair Pencucian Mobil "The Auto Bridal", Malang)". **Jurnal Skripsi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang** : 1 – 7.
- Fajri, M. N., Yohanna L. H., dan Sigit S. 2017. "Efektifitas Rapid Sand Filter Untuk Meningkatkan Kualitas Air Daerah Gambut di Provinsi Riau". **Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik** 4 (1) : 1 – 9.
- Fauzi, A. H. 2014. **Pengaruh Suhu Sulfonasi Pada Pembuatan Surfaktan Metil Ester Sulfonat dari Crude Palm Oil**. Laporan Akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Fernando, M. R. 2015. "Penggunaan Air Limbah Industri". **Jurnal Industrial Water Reuse** : 1 – 9.
- Firdaus, A. 2007. **Proses Pembuatan Semen Pada PT. Holcim Indonesia, Tbk**. Tugas Akhir Proses Industri Kimia II. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Furi, T. A. dan Pamilia C. 2012. "Pengaruh Perbedaan Ukuran Partikel dari Ampas Tebu dan Konsentrasi Natrium Bisulfit (NaHSO_3) Pada Proses Pembuatan Surfaktan". **Jurnal Teknik Kimia** 18 (4) : 49 – 58.
- Gunawan, Y. 2006. **Peluang Penerapan Produksi Bersih Pada Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Waste Water Treatment Plant #48, Studi Kasus di PT. Badak NGL Bontang**. Tesis. Universitas Diponegoro.
- Hadi, W. 2012. **Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum**. Surabaya : ITS Press.
- Halim, P. A. 2014. **Biosand Filter dengan Reaktor Karbon Aktif dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry (Studi Kasus Bung Laundry Makassar)**. Tugas Akhir. Universitas Hasanuddin.
- Hardiana, S. S. dan Aris M. 2014. "Pengembangan Metode Analisis Parameter Minyak dan Lemak Pada Contoh Uji Air". **Jurnal Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri** : 1 – 6.

- Hendra, E. B., Abdul R., dan Hary S. 2015. "Photo-Degradation of Surfactant Compounds Using UV Rays with Addition of TiO_2 Catalysts in Laundry Waste". **Jurnal Sains dan Teknologi** 7 (1) : 66.
- Islamawati, D., Yusniar H. D., dan Nikie A. D. 2018. "Studi Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Menggunakan Ferri Klorida (FeCl_3) Pada Limbah Cair Tapioka di Desa Ngemplak Margoyoso Pati". **Jurnal Kesehatan Masyarakat** 6 (6) : 69 – 78.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Kurniati, E. 2009. "Penurunan Konsentrasi Detergent Pada Limbah Industri Laundry dengan Metode Pengendapan Menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ". **Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan** 1 (1) : 41 – 47.
- Lumaela, A. K., Bambang W. O., dan Sutikno. 2013. "Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai di Surabaya dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression". **Jurnal Sains dan Seni POMITS** 2 (1) : 100 – 105.
- Mubin, F. 2016. "Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado". **Jurnal Sipil Statik** 4 (3) : 211 – 223.
- Narendra, S. P. 2011. **Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Leachate Tempat Pembuangan Akhir Piyungan Yogyakarta**. Tugas Akhir. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Pratama, S. W. I., Nurlaela, R., dan Eko J. 2015. "Pembuatan dan Pengujian Kualitas Semen Portland yang Diperkaya Silikat Abu Ampas Tebu". **Jurnal Fisika FMIPA Universitas Hasanuddin** : 1 – 5.
- Rachim, P. F., Eva L. M., dan M. Yusuf T. 2012. "Pembuatan Surfaktan Natrium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Sulfonasi Langsung". **Jurnal Teknik Kimia** 18 (1) : 41 – 46.

- Rahimah, Z., Heliyanur H., dan Isna S. 2016. "Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC". **Jurnal Konversi** 5 (2) : 13 – 19.
- Reningtyas, R. dan Mahreni. 2015. "Biosurfaktan". **Jurnal Eksergi** 12 (2) : 12 – 22.
- Rifai, A. F., M. Jamaluddin A., Prawito H., dan Nusron H. R. 2013. "**Green Snow Wash**" : Cuci Motor dan Mobil dengan Pengolahan Limbah Ramah Lingkungan Berbasis Bahan Alam (Biofilter). Laporan Akhir Program Kreativitas Mahasiswa. Institut Pertanian Bogor.
- Rinawati, Diky H., R. Suprianto, dan Putri S. D. 2016. "Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolved Solid dan Total Suspended Solid) di Perairan Teluk Lampung". **Jurnal Analit : Analytical and Environmental Chemistry** 1 (01) : 36 – 46.
- Salim, N., Nanang S. R., dan Ricky V. 2018. "Komposisi Efektif Batok Kelapa sebagai Karbon Aktif Untuk Meningkatkan Kualitas Air Tanah di Kawasan Perkotaan". **Media Komunikasi Teknik Sipil** 24 (1) : 87 – 95.
- Sari, R. P. 2007. "Penurunan Konsentrasi COD (Chemical Oxygen Demand) dan Minyak Lemak Pada Air Limbah Pencucian Kendaraan Bermotor dengan Menggunakan Reaktor Aerokarbonbiofilter". **Dspace Universitas Islam Indonesia**.
- Sasmitha, D. 2017. **Pemanfaatan Sampah Plastik Polyethylene Terephthalate (PET) sebagai Media Pada Unit Pre Filter**. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Selintung, M. dan Suryani S. 2012. "Studi Pengolahan Air Melalui Media Filter Pasir Kuarsa (Studi Kasus Sungai Malimpung)". **Jurnal Hasil Penelitian Fakultas Teknik** 6 : 1 – 10.
- Sihalolo, R. M. 2008. **Penentuan Chemical Oxygen Demand (COD) Limbah Cair Pulp dengan Metode Spektrofotometri Visible di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk.** Karya Ilmiah. Universitas Sumatera Utara.
- Suci, A. P. C. W. 2018. **Reduksi Surfaktan Menggunakan Granular Kapur-Semen sebagai Sumber Ion Ca²⁺**. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Sugiharto. 2008. **Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah**. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Tannady, H. dan Wahyu E. M. 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 System** 8 (1) : 26 – 54.
- Tarigan, M. S. dan Edward. 2003. "Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara". **Makara Sains** 7 (3) : 109 – 119.
- Suoth, A. E. dan Ernawita N. 2016. "Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (Grey Water) Pada Salah Satu Perumahan Menengah ke Atas yang Berada di Tangerang Selatan". **Jurnal Ecolab** 10 (2) : 47 – 102.
- Susanto, A. dan J. B. Widadi. 2003. "Studi Penurunan Konsentrasi Surfaktan dengan Metode Pengendapan Menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ". **Jurnal Purifikasi** 4 (3) : 121 – 126.
- Sutrisno, A. dan Slamet W. 2013. "Analisis Variasi Kandungan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Struktural Agregat Pumice". **Jurnal Teknik Sipil** : 1 – 14.
- Wardhana, W. A. 2001. **Dampak Pencemaran Lingkungan Edisi Revisi**. Yogyakarta : CV. Andi Offset.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1

PROSEDUR ANALISIS PARAMETER

ANALISIS COD

Alat dan Bahan

1. Larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$)
2. Kristal perak sulfat (Ag_2SO_4) dicampur dengan asam sulfat (H_2SO_4)
3. Larutan standar Ferro Amonium Sulfat (FAS)
4. Larutan indikator ferroin
5. Neraca analitik
6. Labu pengencer 1000 mL
7. Buret 50 mL 1 buah
8. Tabung COD
9. Erlenmeyer 100 mL
10. *Digester*
11. Pipet volumetrik 10 mL dan 5 mL
12. Buret 25 mL
13. Pipet tetes

Pembuatan Reagen

1. **Larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N**
 - Timbang 4,9036 gram $K_2Cr_2O_7$ yang telah dikeringkan di oven selama 24 jam menggunakan neraca analitik.
 - Larutkan dengan aquadest hingga 1000 mL menggunakan labu pengencer berukuran 1000 mL.
2. **Larutan Ferro Amonium Sulfat (FAS) 0,1 N**
 - Timbang 39,2 gram $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ menggunakan neraca analitik.
 - Tambahkan 8 mL H_2SO_4 pekat.
 - Larutkan dengan aquadest hingga 1000 mL menggunakan labu pengencer berukuran 1000 mL.
3. **Larutan Campuran Asam (Ag_2SO_4 dan H_2SO_4)**
 - Timbang 10 gram Ag_2SO_4 menggunakan neraca analitik.
 - Larutkan dengan H_2SO_4 1000 mL.

4. Larutan Indikator Feroin

- Timbang 1,485 gram orthophenanthroline dan 0,695 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ menggunakan neraca analitik.
- Larutkan dengan aquadest hingga 1000 mL menggunakan labu pengencer berukuran 1000 mL.

Prosedur Analisis

Analisis COD dilakukan dengan menggunakan metode *closed reflux* titrimetri sebagai berikut :

1. Siapkan sampel yang akan dianalisis COD.
2. Ambil sampel sebanyak 10 mL kemudian diencerkan hingga 100 mL.
3. Ambil sampel yang telah diencerkan tersebut sebanyak 2,5 mL dan dimasukkan ke dalam tabung COD.
4. Ambil aquadest sebanyak 2,5 mL dan dimasukkan ke dalam tabung COD sebagai blanko.
5. Masing-masing tabung COD berisi sampel dan blanko ditambahkan larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,1 N sebanyak 1,5 mL dan larutan Ag_2SO_4 sebanyak 2,5 mL.
6. Tabung COD berisi sampel dan blanko diletakkan pada *digester* bersuhu 150°C selama 2 jam.
7. Setelah dipanaskan, sampel dan blanko didinginkan kemudian dipindahkan ke dalam erlenmeyer.
8. Masing-masing erlenmeyer berisi sampel dan blanko ditambahkan indikator feroin sebanyak 1 – 2 tetes hingga berubah warna menjadi hijau.
9. Selanjutnya sampel dan blanko dititrasi dengan larutan FAS 0,0125 N hingga berubah warna menjadi merah bata.
10. Dicatat volume larutan FAS yang digunakan untuk titrasi.
11. Dilakukan perhitungan nilai COD menggunakan rumus berikut ini :

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(A - B) \times N \times 8000 \times P}{\text{volume sampel (mL)}}$$

Keterangan :

A = larutan FAS untuk titrasi blanko (mL)

B = larutan FAS untuk titrasi sampel (mL)

N = normalitas larutan FAS

P = nilai pengenceran

ANALISIS SURFAKTAN

Alat dan Bahan

1. Serbuk *Linear Alkylbenzene Sulfonat* (LAS) atau natrium lauril sulfat ($C_{12}H_{25}OSO_3Na$)
2. Larutan indikator fenoltalein 0,5%
3. Larutan natrium hidroksida (NaOH) 1 N
4. Larutan asam sulfat (H_2SO_4) 1 N
5. Larutan asam sulfat (H_2SO_4) 6 N
6. Larutan biru metilen
7. Kloroform ($CHCl_3$)
8. Larutan pencuci
9. Aquadest
10. Spektrofotometer
11. Timbangan analitik
12. Corong pemisah 250 mL
13. Labu ukur 100 mL dan 250 mL
14. Pipet ukur 10 mL dan 25 mL
15. Propipet

Pembuatan Reagen

- 1. Larutan Induk Surfaktan Anionik 1000 mg/L**
 - Timbang 0,1 gram natrium lauril sulfat ($C_{12}H_{25}OSO_3Na$) menggunakan timbangan analitik.
 - Larutkan dengan 100 mL aquadest dalam labu ukur 100 mL hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan.
- 2. Larutan Baku Surfaktan Anionik 100 mg/L**
 - Ambil 10 mL larutan induk surfaktan anionik 1000 mg/L dan masukkan ke dalam labu ukur 100 mL.
 - Tambahkan aquadest hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan.
- 3. Larutan Kerja Surfaktan Anionik**
 - Ambil 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.
 - Tambahkan aquadest hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan, sehingga diperoleh konsentrasi surfaktan anionik 0,4 mg/L; 0,8 mg/L; 1,2 mg/L; dan 2,0 mg/L MBAS.

4. Larutan Indikator Fenolftalein

- Timbang 0,5 gram fenolftalein menggunakan timbangan analitik.
- Larutkan dengan 50 mL alkohol 95% di dalam gelas *beaker* 250 mL.
- Tambahkan 50 mL aquadest dan beberapa tetes larutan NaOH 0,02 N hingga warna merah muda.

5. Larutan NaOH 1 N

- Timbang 4,0 gram NaOH menggunakan timbangan analitik.
- Larutkan dengan 50 mL aquadest di dalam labu ukur 100 mL kemudian tambahkan aquadest hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan.

6. Larutan H₂SO₄ 1 N

- Ambil 2,8 mL H₂SO₄ pekat kemudian masukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi 50 mL aquadest.
- Tambahkan aquadest hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan.

7. Larutan H₂SO₄ 6 N

- Ambil 20 mL H₂SO₄ pekat kemudian masukkan ke dalam gelas *beaker* 250 mL yang berisi 120 mL aquadest dan dihomogenkan.

8. Larutan Biru Metilen

- Timbang 0,1 gram biru metilen menggunakan timbangan analitik.
- Larutkan dengan 100 mL aquadest di dalam labu ukur 100 mL dan dihomogenkan.
- Ambil 30 mL larutan tersebut dan masukkan ke dalam labu ukur 1000 mL.
- Tambahkan 500 mL aquadest, 41 mL larutan H₂SO₄ 6 N, dan 50 gram natrium dihidrogen fosfat monohidrat (NaH₂PO₄·H₂O).
- Kocok hingga larut sempurna kemudian tambahkan aquadest hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan.

9. Larutan Pencuci

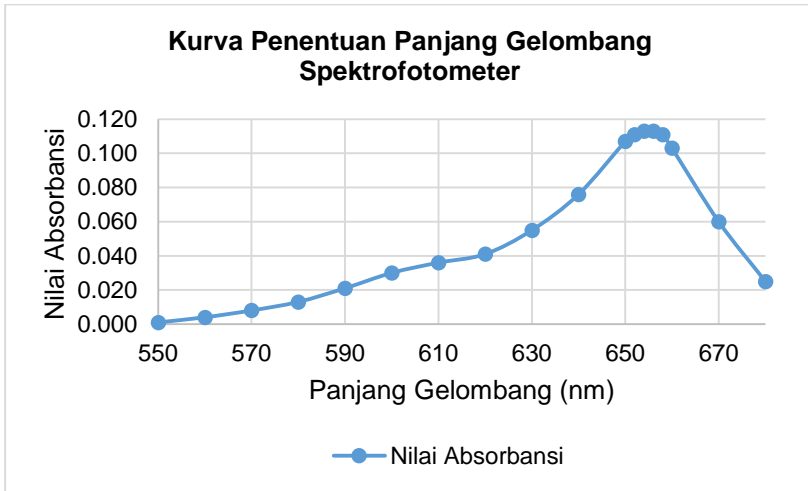
- Ambil 41 mL larutan H₂SO₄ 6 N dan masukkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang berisi 500 mL aquadest.

- Tambahkan 50 gram natrium dihidrogen fosfat monohidrat ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$).
- Kocok hingga larut sempurna kemudian tambahkan aquadest hingga tepat tanda tera dan dihomogenkan.

Pembuatan Kurva Kalibrasi

1. Ambil masing-masing 100 mL 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 dimasukkan ke dalam corong pemisah berukuran 250 mL.
2. Tambahkan masing-masing larutan biru metilen sebanyak 25 mL.
3. Tambahkan masing-masing 10 mL kloroform, kocok dengan kuat selama 30 detik dan sesekali buka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Biarkan hingga terjadi pemisahan fasa.
4. Pindahkan lapisan bawah (fasa kloroform) ke dalam corong pemisah yang lain.
5. Ekstraksi kembali fasa air dalam corong pemisah dengan mengulangi langkah 3 sampai 4 sebanyak 2 kali dan satukan semua fasa kloroform.
6. Tambahkan 50 mL larutan pencuci ke dalam fasa kloroform gabungan dan kocok dengan kuat selama 30 detik dan sesekali buka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Biarkan hingga terjadi pemisahan fasa.
7. Pindahkan lapisan bawah (fasa kloroform) ke dalam gelas *beaker* berukuran 100 mL.
8. Tambahkan 10 mL kloroform ke dalam fasa air hasil pengerjaan pada langkah 6, kocok dengan kuat selama 30 detik dan sesekali buka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Biarkan hingga terjadi pemisahan fasa.
9. Pindahkan lapisan bawah (fasa kloroform) ke dalam gelas *beaker* pada langkah 7.
10. Ekstraksi kembali fasa air dalam corong pemisah dengan mengulangi langkah 8 sampai 9 dan satukan semua fasa kloroform dalam gelas *beaker* pada langkah 7.
11. Cuci corong pemisah dengan kloroform sebanyak 10 mL dan gabungkan dengan fasa kloroform dalam gelas *beaker* pada langkah 7.

12. Tepatkan isi gelas *beaker* hingga tanda tera dengan kloroform.
13. Tentukan panjang gelombang pada spektrofotometer untuk analisis surfaktan dengan rentang antara 550 nm hingga 680 nm. Kurva penentuan panjang gelombang spektrofotometer dapat dilihat pada **Gambar 1**.



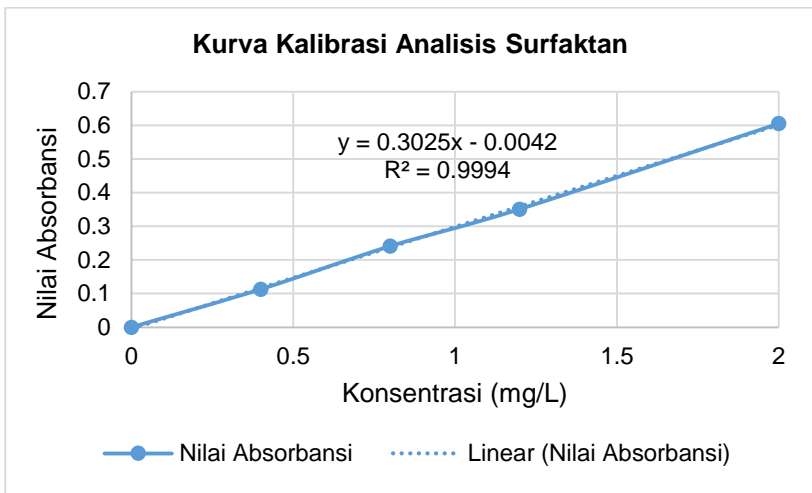
Gambar 1. Kurva Penentuan Panjang Gelombang Spektrofotometer

14. Berdasarkan **Gambar 1**, panjang gelombang optimum untuk analisis surfaktan adalah 654 nm. Ukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 654 nm dan catat nilai absorbansinya. Hasil pengukuran nilai absorbansi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Nilai Absorbansi

Konsentrasi (mg/L)	Nilai Absorbansi
0,0	0,000
0,4	0,113
0,8	0,241
1,2	0,351
2,0	0,605

15. Dibuat kurva kalibrasi dan ditentukan persamaan garis lurusnya seperti pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Analisis Surfaktan

Prosedur Analisis

1. Ambil sampel sebanyak 2 mL kemudian diencerkan hingga 100 mL dan dimasukkan ke dalam corong pemisah berukuran 250 mL.
2. Tambahkan 3 – 5 tetes larutan indikator fenoltalein dan larutan NaOH 1 N tetes demi tetes ke dalam sampel hingga timbul warna merah muda kemudian hilangkan

dengan menambahkan larutan H_2SO_4 1 N tetes demi tetes.

3. Tambahkan larutan biru metilen sebanyak 25 mL.
4. Tambahkan 10 mL kloroform, kocok dengan kuat selama 30 detik dan sesekali buka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Biarkan hingga terjadi pemisahan fasa.
5. Pindahkan lapisan bawah (fasa kloroform) ke dalam corong pemisah yang lain.
6. Ekstraksi kembali fasa air dalam corong pemisah dengan mengulangi langkah 3 sampai 4 sebanyak 2 kali dan satukan semua fasa kloroform.
7. Tambahkan 50 mL larutan pencuci ke dalam fasa kloroform gabungan dan kocok dengan kuat selama 30 detik dan sesekali buka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Biarkan hingga terjadi pemisahan fasa.
8. Pindahkan lapisan bawah (fasa kloroform) ke dalam gelas *beaker* berukuran 100 mL.
9. Tambahkan 10 mL kloroform ke dalam fasa air hasil pengerjaan pada langkah 6, kocok dengan kuat selama 30 detik dan sesekali buka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Biarkan hingga terjadi pemisahan fasa.
10. Pindahkan lapisan bawah (fasa kloroform) ke dalam gelas *beaker* pada langkah 7.
11. Ekstraksi kembali fasa air dalam corong pemisah dengan mengulangi langkah 8 sampai 9 dan satukan semua fasa kloroform dalam gelas *beaker* pada langkah 7.
12. Cuci corong pemisah dengan kloroform sebanyak 10 mL dan gabungkan dengan fasa kloroform dalam gelas *beaker* pada langkah 7.
13. Tepatkan isi gelas *beaker* hingga tanda tera dengan kloroform.
14. Ukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 654 nm dan catat nilai absorbansinya.
15. Hitung konsentrasi surfaktan dengan memasukkan nilai absorbansi yang terbaca pada spektrofotometer ke dalam persamaan yang didapat dari kurva kalibrasi analisis surfaktan.

16. Perhitungan konsentrasi surfaktan dilanjutkan menggunakan rumus berikut ini :

$$\text{Surfaktan (mg/L)} = C \times f$$

Keterangan :

C = konsentrasi yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L)

f = faktor pengenceran

ANALISIS TSS

Alat dan Bahan

1. Kertas saring Whatman
2. Aquadest
3. Desikator
4. Oven bersuhu 103°C – 105°C
5. Timbangan analitik
6. *Vacuum pump*
7. Cawan porselen
8. Penjepit

Prosedur Analisis

1. Siapkan kertas saring yang akan digunakan kemudian masukkan ke dalam oven selama 1 jam.
2. Setelah dioven, selanjutnya kertas saring dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit.
3. Timbang berat awal kertas saring menggunakan timbangan analitik.
4. Letakkan kertas saring pada *vacuum pump* dan basahi kertas saring dengan sedikit aquadest.
5. Tuangkan sampel di atas kertas saring pada *vacuum pump* sebanyak 25 mL.
6. Pindahkan kertas saring dari *vacuum pump* ke cawan petri.
7. Keringkan dalam oven selama 1 jam kemudian dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan timbang kertas saring yang telah berisi residu kering menggunakan timbangan analitik.

8. Dilakukan perhitungan nilai TSS menggunakan rumus berikut ini :

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}}$$

Keterangan :

A = berat akhir kertas saring dan residu kering (mg)

B = berat awal kertas saring (mg)

ANALISIS pH

Alat dan Bahan

1. Larutan penyangga pH 7
2. pH meter
3. Gelas *beaker* 50 mL

Prosedur Analisis

1. Ambil sampel sebanyak 25 mL.
2. Lakukan kalibrasi alat pH meter dengan larutan penyangga pH 7 setiap kali akan melakukan pengukuran.
3. Bilas elektroda dengan aquadest.
4. Celupkan elektroda ke dalam sampel hingga pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
5. Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

ANALISIS MINYAK DAN LEMAK

Alat dan Bahan

1. Desikator
2. Oven bersuhu 103°C – 105°C
3. Timbangan analitik
4. Labu destilasi
5. Soxhlet
6. Penjepit
7. Kloroform

Prosedur Analisis

1. Ambil sampel sebanyak 50 mL kemudian saring menggunakan kertas saring.
2. Pindahkan sampel yang telah disaring ke dalam corong pemisah berukuran 250 mL.
3. Tambahkan kloroform sebanyak 70 mL ke dalam corong pemisah berisi sampel.
4. Kocok dengan kuat selama 2 menit dengan sesekali buka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Biarkan hingga lapisan air dan kloroform memisah.
5. Pindahkan lapisan bawah (fasa kloroform) ke dalam labu destilasi.
6. Ekstraksi kembali fasa air dalam corong pemisah dengan mengulangi langkah 3 sampai 5 dan satukan semua fasa kloroform.
7. Destilasi dengan soxhlet selama 2 jam pada suhu 70°C.
8. Setelah dilakukan destilasi, masukkan labu destilasi ke dalam oven selama 1 jam.
9. Selanjutnya masukkan labu destilasi ke dalam desikator selama 25 menit dan timbang labu destilasi dengan timbangan analitik.
10. Dilakukan perhitungan konsentrasi minyak dan lemak menggunakan rumus berikut ini :

$$\text{Minyak dan Lemak (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}}$$

Keterangan :

A = berat labu destilasi minyak dan lemak (mg)

B = berat labu destilasi kosong (mg)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2

REKAPITULASI DATA PENELITIAN

Tabel 1. Rekapitulasi Data Penurunan Konsentrasi Surfaktan

Waktu Detensi (jam)	Surfaktan Awal (mg/L)	Waktu Pengendapan (jam)	Kapur-Semen 1 cm		Kapur-Semen 1,5 cm		Kapur-Semen 2 cm	
			Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R
6	19,70	0	6,90	65,00%	7,19	63,49%	8,14	58,71%
		1	6,71	65,92%	7,13	63,83%	7,99	59,46%
		2	6,10	69,03%	6,96	64,66%	7,82	60,30%
		3	5,82	70,45%	6,85	65,25%	7,54	61,73%
		4	5,56	71,80%	6,33	67,85%	6,85	65,25%
7	21,69	0	5,87	72,93%	7,00	67,74%	7,13	67,13%
		1	5,54	74,45%	6,60	69,57%	7,00	67,74%
		2	5,51	74,60%	6,55	69,80%	6,86	68,35%
		3	4,86	77,58%	6,10	71,86%	6,50	70,03%
		4	4,32	80,09%	6,00	72,32%	6,47	70,18%
8	20,03	0	3,66	81,75%	6,53	67,39%	6,55	67,31%
		1	3,61	82,00%	6,45	67,81%	6,35	68,30%
		2	3,09	84,55%	5,99	70,12%	6,00	70,03%
		3	2,86	85,71%	5,62	71,93%	5,97	70,20%
		4	2,45	87,77%	5,44	72,84%	5,66	71,77%

Tabel 2. Rekapitulasi Data Penurunan Konsentrasi TSS

Waktu Detensi (jam)	TSS Awal (mg/L)	Waktu Pengendapan (jam)	Kapur-Semen 1 cm		Kapur-Semen 1,5 cm		Kapur-Semen 2 cm	
			Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R
6	136	0	128	5,88%	124	8,82%	124	8,82%
		1	124	8,82%	120	11,76%	116	14,71%
		2	116	14,71%	112	17,65%	100	26,47%
		3	112	17,65%	96	29,41%	92	32,35%
		4	96	29,41%	88	35,29%	84	38,24%

Waktu Detensi (jam)	TSS Awal (mg/L)	Waktu Pengendapan (jam)	Kapur-Semen 1 cm		Kapur-Semen 1,5 cm		Kapur-Semen 2 cm	
			Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R
7	140	0	132	5,71%	128	8,57%	120	14,29%
		1	120	14,29%	124	11,43%	112	20,00%
		2	116	17,14%	112	20,00%	104	25,71%
		3	104	25,71%	100	28,57%	96	31,43%
		4	100	28,57%	92	34,29%	88	37,14%
8	132	0	120	9,09%	116	12,12%	108	18,18%
		1	116	12,12%	112	15,15%	104	21,21%
		2	108	18,18%	104	21,21%	100	24,24%
		3	104	21,21%	100	24,24%	92	30,30%
		4	100	24,24%	96	27,27%	88	33,33%

Tabel 3. Rekapitulasi Data Peningkatan pH

Waktu Detensi (jam)	pH Awal	Waktu Pengendapan (jam)	Kapur-Semen 1 cm		Kapur-Semen 1,5 cm		Kapur-Semen 2 cm	
			pH Akhir	% Peningkatan pH	pH Akhir	% Peningkatan pH	pH Akhir	% Peningkatan pH
6	7,70	0	12,19	58,31%	12,18	58,18%	12,14	57,66%
		1	12,19	58,31%	12,17	58,05%	12,14	57,66%
		2	12,18	58,18%	12,14	57,66%	12,10	57,14%
		3	12,17	58,05%	12,14	57,66%	12,09	57,01%
		4	12,15	57,79%	12,12	57,40%	12,07	56,75%
7	7,70	0	12,28	59,48%	12,26	59,22%	12,21	58,57%
		1	12,26	59,22%	12,24	58,96%	12,19	58,31%
		2	12,25	59,09%	12,24	58,96%	12,18	58,18%
		3	12,25	59,09%	12,21	58,57%	12,16	57,92%
		4	12,23	58,83%	12,20	58,44%	12,16	57,92%
8	7,67	0	12,36	61,15%	12,32	60,63%	12,27	59,97%
		1	12,35	61,02%	12,31	60,50%	12,25	59,71%
		2	12,33	60,76%	12,29	60,23%	12,25	59,71%
		3	12,31	60,50%	12,28	60,10%	12,24	59,58%
		4	12,29	60,23%	12,25	59,71%	12,22	59,32%

Tabel 4. Rekapitulasi Data Penurunan Konsentrasi COD

Waktu Detensi (jam)	COD Awal (mg/L)	Waktu Pengendapan (jam)	Kapur-Semen 1 cm		Kapur-Semen 1,5 cm		Kapur-Semen 2 cm	
			Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R
6	580	0	220	62,07%	240	58,62%	260	55,17%
		1	220	62,07%	240	58,62%	260	55,17%
		2	200	65,52%	220	62,07%	240	58,62%
		3	200	65,52%	220	62,07%	240	58,62%
		4	200	65,52%	220	62,07%	240	58,62%
7	600	0	180	70,00%	220	63,33%	240	60,00%
		1	180	70,00%	220	63,33%	240	60,00%
		2	180	70,00%	220	63,33%	220	63,33%
		3	160	73,33%	200	66,67%	220	63,33%
		4	160	73,33%	200	66,67%	220	63,33%
8	580	0	140	75,86%	180	68,97%	200	65,52%
		1	140	75,86%	180	68,97%	200	65,52%
		2	140	75,86%	180	68,97%	200	65,52%
		3	140	75,86%	160	72,41%	180	68,97%
		4	120	79,31%	160	72,41%	180	68,97%

Tabel 5. Rekapitulasi Data Penurunan Konsentrasi Minyak dan Lemak

Waktu Detensi (jam)	Minyak dan Lemak Awal (mg/L)	Waktu Pengendapan (jam)	Kapur-Semen 1 cm		Kapur-Semen 1,5 cm		Kapur-Semen 2 cm	
			Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R
6	18	0	6	66,67%	8	55,56%	10	44,44%
		1	6	66,67%	8	55,56%	10	44,44%
		2	6	66,67%	8	55,56%	10	44,44%
		3	6	66,67%	8	55,56%	10	44,44%
		4	6	66,67%	8	55,56%	10	44,44%
7	20	0	6	70,00%	8	60,00%	10	50,00%
		1	6	70,00%	8	60,00%	10	50,00%
		2	6	70,00%	8	60,00%	10	50,00%
		3	6	70,00%	8	60,00%	10	50,00%
		4	6	70,00%	8	60,00%	10	50,00%

Waktu Detensi (jam)	Minyak dan Lemak Awal (mg/L)	Waktu Pengendapan (jam)	Kapur-Semen 1 cm		Kapur-Semen 1,5 cm		Kapur-Semen 2 cm	
			Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R	Effluent (mg/L)	%R
8	20	0	4	80,00%	6	70,00%	8	60,00%
		1	4	80,00%	6	70,00%	8	60,00%
		2	4	80,00%	6	70,00%	8	60,00%
		3	4	80,00%	6	70,00%	8	60,00%
		4	4	80,00%	6	70,00%	8	60,00%

Tabel 6. Normalitas Data Luas Permukaan

No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	22066,35	1520,94	2313250,88	3518310008,64	5351129628760,49
2	20729,89	184,47	34031,03	6277873,45	1158110705,09
3	18840,00	-1705,41	2908431,80	-4960075938,86	8458975507075,85
		Σ	5255713,70	-1435488057	1,38E+13

Perhitungan

Mean	20545,41
n	3
Expected Skewness	-4,44956E-11
Expected Excess Kurtosis	1,5
Jarque Bera	0,2813
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 7. Normalitas Data Waktu Operasional

No	Data	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10	-1,00	1,00	-1,00	1,00
2	11	0,00	0,00	0,00	0,00
3	12	1,00	1,00	1,00	1,00
		Σ	2,00	0,00	2,00E+00

Perhitungan

Mean	11
n	3
Expected Skewness	0
Expected Excess Kurtosis	1,5
Jarque Bera	0,2813
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 8. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi Surfaktan dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1 cm

No	Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	71,80	-8,09	65,39	-528,82	4276,40
2	11 jam	80,09	0,20	0,04	0,01	0,00
3	12 jam	87,77	7,88	62,15	489,93	3862,24
			Σ	127,58	-38,89	8,14E+03

Perhitungan	
Mean	79,89
n	3
Expected Skewness	-8,42653E-05
Expected Excess Kurtosis	1,5
Jarque Bera	0,2813
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 9. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi Surfaktan dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1,5 cm

No	Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	67,85	-12,04	144,88	-1743,89	20990,60
2	11 jam	72,32	-7,57	57,25	-433,23	3278,07
3	12 jam	72,84	-7,05	49,66	-349,91	2465,67
			Σ	251,79	-2527,02	2,67E+04

Perhitungan	
Mean	71,00
n	3
Expected Skewness	-0,000712359
Expected Excess Kurtosis	1,265054877
Jarque Bera	0,3763
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 10. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi Surfaktan dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 2 cm

No	Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	65,25	-14,64	214,23	-3135,64	45895,35
2	11 jam	70,18	-9,71	94,22	-914,56	8877,29
3	12 jam	71,77	-8,12	65,88	-534,73	4340,21
			Σ	374,33	-4584,93	5,91E+04

Perhitungan	
Mean	69,07
n	3
Expected Skewness	-0,000393346
Expected Excess Kurtosis	1,265581352
Jarque Bera	0,3760
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 11. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi COD dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1 cm

No	Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	65,52	-14,37	206,40	-2965,30	42601,42
2	11 jam	73,33	-6,56	42,99	-281,87	1848,13
3	12 jam	79,31	-0,58	0,33	-0,19	0,11
			Σ	249,72	-3247,36	4,44E+04

Perhitungan	
Mean	72,72
n	3
Expected Skewness	-0,000938349
Expected Excess Kurtosis	2,138310382
Jarque Bera	0,0928
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 12. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi COD dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1,5 cm

No	Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	62,07	-17,82	317,43	-5655,61	100764,10
2	11 jam	66,67	-13,22	174,68	-2308,69	30513,20
3	12 jam	72,41	-7,48	55,90	-417,95	3124,87
			Σ	548,01	-8382,25	1,34E+05

Perhitungan	
Mean	67,05
n	3
Expected Skewness	-0,000229191
Expected Excess Kurtosis	1,342590391
Jarque Bera	0,3434
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 13. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi COD dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 2 cm

No	Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	58,62	-21,27	452,27	-9618,30	204549,16
2	11 jam	63,33	-16,56	274,12	-4538,57	75143,53
3	12 jam	68,97	-10,92	119,17	-1300,98	14202,35
			Σ	845,57	-15457,84	2,94E+05

Perhitungan	
Mean	63,64
n	3
Expected Skewness	-0,000115058
Expected Excess Kurtosis	1,233151698
Jarque Bera	0,3902
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 14. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi Minyak dan Lemak dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1 cm

Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴	
10 jam	66,67	-13,22	174,68	-2308,69	30513,20	
11 jam	70,00	-9,89	97,75	-966,38	9554,32	
12 jam	80,00	0,11	0,01	0,00	0,00	
			Σ	272,44	-3275,07	4,01E+04

Perhitungan	
Mean	72,22
n	3
Expected Skewness	-0,000728827
Expected Excess Kurtosis	1,619474634
Jarque Bera	0,2382
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 15. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi Minyak dan Lemak dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1,5 cm

No	Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	55,56	-24,33	591,79	-14396,20	350211,51
2	11 jam	60,00	-19,89	395,48	-7864,77	156404,04
3	12 jam	70,00	-9,89	97,75	-966,38	9554,32
			Σ	1085,01	-23227,35	5,16E+05

Perhitungan	
Mean	61,85
n	3
Expected Skewness	-8,18292E-05
Expected Excess Kurtosis	1,31535961
Jarque Bera	0,3548
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 16. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi Minyak dan Lemak dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 2 cm

No	Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	44,44	-35,45	1256,47	-44537,54	1578707,26
2	11 jam	50,00	-29,89	893,21	-26695,15	797829,19
3	12 jam	60,00	-19,89	395,48	-7864,77	156404,04
			Σ	2545,16	-79097,46	2,53E+06

Perhitungan	
Mean	51,48
n	3
Expected Skewness	-2,15889E-05
Expected Excess Kurtosis	1,173050104
Jarque Bera	0,4172
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 17. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi TSS dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1 cm

No	Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	29,41	-50,48	2547,89	-128609,19	6491763,21
2	11 jam	28,57	-51,32	2633,40	-135137,32	6934797,02
3	12 jam	24,24	-55,65	3096,55	-172312,77	9588631,26
			Σ	8277,85	-436059,28	2,30E+07

Perhitungan	
Mean	27,41
n	3
Expected Skewness	-3,45944E-06
Expected Excess Kurtosis	1,007630251
Jarque Bera	0,4962
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 18. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi TSS dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1,5 cm

No	Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	35,29	-44,60	1988,86	-88696,65	3955574,75
2	11 jam	34,29	-45,60	2079,06	-94798,02	4322473,90
3	12 jam	27,27	-52,62	2768,51	-145669,96	7664667,61
			Σ	6836,43	-329164,63	1,59E+07

Perhitungan

Mean	32,28
n	3
Expected Skewness	-4,63593E-06
Expected Excess Kurtosis	1,023350808
Jarque Bera	0,4884
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 19. Normalitas Data Penurunan Konsentrasi TSS dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 2 cm

No	Waktu	Data %R	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	38,24	-41,65	1734,44	-72233,85	3008298,92
2	11 jam	37,14	-42,75	1827,28	-78110,02	3338943,10
3	12 jam	33,33	-46,56	2167,52	-100912,66	4698156,87
			Σ	5729,25	-251256,52	1,10E+07

Perhitungan

Mean	36,24
n	3
Expected Skewness	-6,01226E-06
Expected Excess Kurtosis	1,009503397
Jarque Bera	0,4953
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 20. Normalitas Data Peningkatan pH dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1 cm

No	Waktu	Data (%)	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	57,79	-22,10	488,26	-10788,98	238400,44
2	11 jam	58,83	-21,06	443,38	-9336,17	196588,67
3	12 jam	60,23	-19,66	386,38	-7595,03	149293,02
			Σ	1318,03	-27720,18	5,84E+05

Perhitungan	
Mean	58,95
n	3
Expected Skewness	-5,44794E-05
Expected Excess Kurtosis	1,00900422
Jarque Bera	0,4955
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 21. Normalitas Data Peningkatan pH dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1,5 cm

No	Waktu	Data (%)	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	57,40	-22,49	505,65	-11370,39	255682,10
2	11 jam	58,44	-21,45	459,96	-9864,60	211562,75
3	12 jam	59,71	-20,18	407,10	-8213,88	165728,68
Σ				1372,71	-29448,86	6,33E+05

Perhitungan	
Mean	58,52
n	3
Expected Skewness	-5,12327E-05
Expected Excess Kurtosis	1,007745233
Jarque Bera	0,4961
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 22. Normalitas Data Peningkatan pH dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 2 cm

No	Waktu	Data (%)	Data - Mean	(Data - Mean) ²	(Data - Mean) ³	(Data - Mean) ⁴
1	10 jam	56,75	-23,14	535,31	-12385,18	286551,81
2	11 jam	57,92	-21,97	482,53	-10599,67	232839,49
3	12 jam	59,32	-20,57	422,99	-8699,45	178918,66
Σ				1440,83	-31684,30	6,98E+05

Perhitungan	
Mean	58,00
n	3
Expected Skewness	-4,76673E-05
Expected Excess Kurtosis	1,009126182
Jarque Bera	0,4954
Chi Square	5,9915
Jarque Bera < Chi Square	Data terdistribusi normal

Tabel 23. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi Surfaktan dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
71,80%	10	Mean	0,79886667	11
80,09%	11	Variance	0,00637912	1
87,77%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00637912	
		P(F<=f) one-tail	0,00633869	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 24. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi Surfaktan dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1,5 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
67,85%	10	Mean	0,71003333	11
72,32%	11	Variance	0,00075252	1
72,84%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00075252	
		P(F<=f) one-tail	0,00075196	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 25. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi Surfaktan dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 2 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
65,25%	10	Mean	0,69066667	11
70,18%	11	Variance	0,00115572	1
71,77%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00115572	
		P(F<=f) one-tail	0,00115439	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 26. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi COD dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
65,52%	10	Mean	0,72720000	11
73,33%	11	Variance	0,00478201	1
79,31%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00478201	
		P(F<=f) one-tail	0,00475925	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 27. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi COD dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1,5 cm

<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>F-Test Two-Sample for Variances</i>		
%R	Waktu		<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
62,07%	10	<i>Mean</i>	0,67050000	11
66,67%	11	<i>Variance</i>	0,00268372	1
72,41%	12	<i>Observations</i>	3	3
		<i>df</i>	2	2
		<i>F</i>	0,00268372	
		<i>P(F<=f) one-tail</i>	0,00267654	
		<i>F Critical one-tail</i>	0,05263158	
		<i>F < F crit</i>	<i>equal (homogen)</i>	

Tabel 28. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi COD dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 2 cm

<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>F-Test Two-Sample for Variances</i>		
%R	Waktu		<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
58,62%	10	<i>Mean</i>	0,63640000	11
63,33%	11	<i>Variance</i>	0,00268527	1
68,97%	12	<i>Observations</i>	3	3
		<i>df</i>	2	2
		<i>F</i>	0,00268527	
		<i>P(F<=f) one-tail</i>	0,00267808	
		<i>F Critical one-tail</i>	0,05263158	
		<i>F < F crit</i>	<i>equal (homogen)</i>	

Tabel 29. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi Minyak dan Lemak dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
66,67%	10	Mean	0,72223333	11
70,00%	11	Variance	0,00481296	1
80,00%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00481296	
		P(F<=f) one-tail	0,00478991	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 30. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi Minyak dan Lemak dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1,5 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
55,56%	10	Mean	0,61853333	11
60,00%	11	Variance	0,00547045	1
70,00%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00547045	
		P(F<=f) one-tail	0,00544069	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 31. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi Minyak dan Lemak dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 2 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
44,44%	10	Mean	0,51480000	11
50,00%	11	Variance	0,00621712	1
60,00%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00621712	
		P(F<=f) one-tail	0,00617871	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 32. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi TSS dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
29,41%	10	Mean	0,27406667	11
28,57%	11	Variance	0,00076972	1
24,24%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00076972	
		P(F<=f) one-tail	0,00076913	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 33. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi TSS dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1,5 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
35,29%	10	Mean	0,32283333	11
34,29%	11	Variance	0,00191001	1
27,27%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00191001	
		P(F<=f) one-tail	0,00190637	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 34. Homogenitas Data Penurunan Konsentrasi TSS dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 2 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
38,24%	10	Mean	0,36236667	11
37,14%	11	Variance	0,0006639	1
33,33%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00066390	
		P(F<=f) one-tail	0,00066346	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 35. Homogenitas Data Peningkatan pH dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
57,79%	10	Mean	0,58950000	11
58,83%	11	Variance	0,00014992	1
60,23%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00014992	
		P(F<=f) one-tail	0,00014990	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 36. Homogenitas Data Peningkatan pH dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 1,5 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
57,40%	10	Mean	0,58516667	11
58,44%	11	Variance	0,00013384	1
59,71%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00013384	
		P(F<=f) one-tail	0,00013383	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 37. Homogenitas Data Peningkatan pH dengan Media Kapur-Semen Berdiameter 2 cm

Variable 1 %R	Variable 2 Waktu	F-Test Two-Sample for Variances		
			Variable 1	Variable 2
56,75%	10	Mean	0,57996667	11
57,92%	11	Variance	0,00016556	1
59,32%	12	Observations	3	3
		df	2	2
		F	0,00016556	
		P(F<=f) one-tail	0,00016554	
		F Critical one-tail	0,05263158	
		F < F crit	equal (homogen)	

Tabel 38. ANOVA Parameter Surfaktan

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	Ø1 cm (22066,35 cm ²)	Ø1,5 cm (20729,89 cm ²)	Ø2 cm (18840,00 cm ²)	Total
10 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	3,421979866	3,250838926	3,054530201	9,72734899
Average	0,684395973	0,650167785	0,61090604	0,64848993
Variance	0,000845612	0,000299255	0,000666707	0,00148352
11 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	3,796493902	3,512957317	3,43445122	10,7439024
Average	0,75929878	0,702591463	0,686890244	0,71626016
Variance	0,000824821	0,000345079	0,000186366	0,00142384
12 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	4,217821782	3,500825083	3,476072607	11,1947195
Average	0,843564356	0,700165017	0,695214521	0,74631463
Variance	0,000647608	0,00058525	0,000303415	0,00550983
Total				
Count	15	15	15	
Sum	11,43629555	10,26462133	9,965054028	
Average	0,762419703	0,684308088	0,664336935	
Variance	0,005191546	0,000976768	0,001872189	

Tabel 39. ANOVA Parameter COD

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	Ø1 cm (22066,35 cm²)	Ø1,5 cm (20729,89 cm²)	Ø2 cm (18840,00 cm²)	Total
10 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	3,421979866	3,250838926	3,054530201	9,72734899
Average	0,684395973	0,650167785	0,61090604	0,64848993
Variance	0,000845612	0,000299255	0,000666707	0,00148352
11 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	3,796493902	3,512957317	3,43445122	10,7439024
Average	0,75929878	0,702591463	0,686890244	0,71626016
Variance	0,000824821	0,000345079	0,000186366	0,00142384
12 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	4,217821782	3,500825083	3,476072607	11,1947195
Average	0,843564356	0,700165017	0,695214521	0,74631463
Variance	0,000647608	0,000585250	0,000303415	0,00550983
Total				
Count	15	15	15	
Sum	11,43629555	10,26462133	9,965054028	
Average	0,762419703	0,684308088	0,664336935	
Variance	0,005191546	0,000976768	0,001872189	

Tabel 40. ANOVA Parameter Minyak dan Lemak

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	Ø1 cm	Ø1,5 cm	Ø2 cm	Total
	(22066,35 cm ²)	(20729,89 cm ²)	(18840,00 cm ²)	
10 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	3,333333333	2,777777778	2,222222222	8,333333333
Average	0,666666667	0,555555556	0,444444444	0,555555556
Variance	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,00881834
11 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	3,500000000	3,000000000	2,500000000	9,000000000
Average	0,700000000	0,600000000	0,500000000	0,600000000
Variance	4,03897E-23	0,000000000	4,03897E-23	0,00714286
12 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	4,000000000	3,500000000	3,000000000	10,500000000
Average	0,800000000	0,700000000	0,600000000	0,700000000
Variance	6,05845E-23	6,05845E-23	0,000000000	0,00714286
Total				
Count	15	15	15	
Sum	10,833333333	9,277777778	7,722222222	
Average	0,722222222	0,618518519	0,514814815	
Variance	0,003439153	0,003909465	0,004438566	

Tabel 41. ANOVA Parameter TSS

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	Ø1 cm (22066,35 cm ²)	Ø1,5 cm (20729,89 cm ²)	Ø2 cm (18840,00 cm ²)	Total
10 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	0,764705882	1,029411765	1,205882353	3,00000000
Average	0,152941176	0,205882353	0,241176471	0,20000000
Variance	0,008391003	0,012975779	0,014878893	0,01176471
11 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	0,914285714	1,028571429	1,285714286	3,22857143
Average	0,182857143	0,205714286	0,257142857	0,21523810
Variance	0,008408163	0,012000000	0,008163265	0,00919728
12 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	0,848484848	1,000000000	1,272727273	3,12121212
Average	0,169696970	0,200000000	0,254545455	0,20808081
Variance	0,003948577	0,003948577	0,003948577	0,00470506
Total				
Count	15	15	15	
Sum	2,527476445	3,057983193	3,764323911	
Average	0,168498430	0,203865546	0,250954927	
Variance	0,006088511	0,008272111	0,007764067	

Tabel 42. ANOVA Parameter pH

Anova: Two-Factor With Replication

SUMMARY	Ø1 cm (22066,35 cm ²)	Ø1,5 cm (20729,89 cm ²)	Ø2 cm (18840,00 cm ²)	Total
10 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	2,906493506	2,88961039	2,862337662	8,65844156
Average	0,581298701	0,577922078	0,572467532	0,57722944
Variance	4,72255E-06	1,01198E-05	1,63603E-05	2,3099E-05
11 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	2,957142857	2,941558442	2,909090909	8,80779221
Average	0,591428571	0,588311688	0,581818182	0,58718615
Variance	5,56586E-06	1,01198E-05	7,58981E-06	2,3822E-05
12 jam				
Count	5	5	5	15
Sum	3,036505867	3,011734029	2,983050847	9,03129074
Average	0,607301173	0,602346806	0,596610169	0,60208605
Variance	1,39387E-05	1,27488E-05	5,60949E-06	2,9674E-05
Total				
Count	15	15	15	
Sum	8,900142231	8,84290286	8,754479419	
Average	0,593342815	0,589526857	0,583631961	
Variance	0,000129622	0,000116746	0,000114291	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Farah Aulia Prasanti merupakan putri kelahiran Tangerang, 6 Maret 1998. Penulis mengenyam pendidikan dasar di SDN Pamulang Permai dan lulus pada tahun 2009. Kemudian dilanjutkan di SMPN 4 Kota Tangerang Selatan pada tahun 2009 – 2012, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 2 Kota Tangerang Selatan dari tahun 2012 – 2015 dengan program IPA. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, ITS, Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 03211540000067.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif di dalam organisasi kemahasiswaan sebagai staf Departemen Dalam Negeri HMTL FTSP ITS periode 2016/2017 dan menjadi bendahara Divisi Dalam Negeri HMTL FTSLK ITS periode 2017/2018. Selain itu, penulis juga aktif menjadi panitia di berbagai kegiatan yang diselenggarakan oleh HMTL, BEM Fakultas, maupun BEM ITS. Pada tahun 2018, penulis melaksanakan kerja praktik di Pabrik Gondrukem dan Terpentin (PGT) Rejowinangun – Trenggalek di bidang pengolahan limbah cair. Berbagai pelatihan dan seminar juga telah diikuti oleh penulis dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email farahprasanti@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : FARAH AULIA PRASANTI
NRP : 03211540000067
Judul : Reduksi Surfaktan Pada Air Limbah Pencucian Mobil
Menggunakan Media Kapur-Semen

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	13/02/2019	Color tracer test dan peletakan media kapur-semen pada reaktor	
2.	14/02/2019	Teknis persiapan running dan penelitian pendahuluan menggunakan jar test	
3.	19/02/2019	Teknis sampling dan penelitian pendahuluan menggunakan jar test	
4.	28/02/2019	Persiapan color tracer test dan jar-test	
5.	05/04/2019	Diskusi hasil penelitian pendahuluan menggunakan jar test, pemilihan penggunaan rasio kapur-semen untuk penelitian utama	
6.	26/04/2019	Pembahasan hasil penelitian utama	
7.	13/03/2019	Teknis color tracer test (fluorescent)	
8.	30/04/2019	Asistensi laporan TA (A5) untuk seminar kemajuan tugas akhir	
9.	22/05/2019	Asistensi revisi seminar kemajuan tugas akhir	
10.	27/05/2019	Asistensi revisi seminar kemajuan tugas akhir	
11.	21/06/2019	Asistensi laporan TA	

Surabaya, 25 Juli 2019.....
Dosen Pembimbing

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



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

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

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

Hari, tanggal : Selasa, 16 Juli 2019
Pukul : 09.30 - 11.30 WIB
Lokasi : TL-101
Judul : Penurunan Konsentrasi Polutan Pada Air Limbah Pencucian Mobil Menggunakan Media Kapur-Semen
Nama : Farah Aulia Prasanti
NRP. : 0321154000067
Topik : Penelitian

Nilai TOEFL : 500

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1,	Penulisan abstrak diempur ulang, dibuat beterkaitan informasi bentuk paragraf satu dan paragraf 2.
2,	Analisis Anova di cek lagi, termasuk lembut input data untuk one way dan Two way.
3,	Jalan saran dimasukkan terkait pengelolaan limbah bila diimplementasi- kan di lapangan.

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

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

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

Dosen Pembimbing

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




FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR


Nama : FARAH AULIA PRASANTI
NRP : 03211540000067
Judul Tugas Akhir : Penurunan Konsentrasi Polutan Pada Air Limbah Pencucian Mobil Menggunakan Media Kapur-Semen

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Penulisan abstrak dibuat ke-terkaitan informasi antara paragraf 1 dan paragraf 2	sudah diperbaiki (halaman i dan iii)
2.	Rasio kapur-semen untuk jar test dimasukkan Bab 2 (tinjauan pustaka)	sudah diperbaiki (halaman 14)
3.	Pembahasan secara menyeluruh terhadap semua parameter	sudah diperbaiki (halaman 39 dan 70)
4.	Cek ANOVA	sudah diperbaiki (halaman 69-70)
5.	Halaman kosong di dalam bab (halaman 56)	sudah diperbaiki (halaman 56)
6.	Menghilangkan kata "perubahan" pada nama grafik	sudah diperbaiki (halaman 26-38)
7.	Tabel 4.6 melebihi margin	sudah diperbaiki (halaman 68)
8.	Pembahasan mengenai TSS dan peningkatan pH	sudah diperbaiki (halaman 61-62)
9.	Lumpur atau sludge yang terbentuk (endapannya)	sudah diperbaiki (halaman 15)
10.	Reaksi pengendapan untuk LAS	sudah diperbaiki (halaman 15)
11.	Penelitian pendahuluan dan pengulangan penelitian pendahuluan dipindahkan dari Bab 4 ke Bab 3 (metode penelitian)	sudah diperbaiki (halaman 22-39)
12.	Grafik diperbaiki, nol di belakang koma dihilangkan	sudah diperbaiki

Dosen Pembimbing,


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

Mahasiswa Ybs.,


Farah Aulia Prasanti



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : FARAH AULIA PRASANTI
NRP : 03211540000067
Judul Tugas Akhir : Penurunan Konsentrasi Polutan Pada Air Limbah Pencucian Mobil Menggunakan Media Kapur - Semen

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
13.	Kesimpulan dipisah antara \emptyset kapur-semen yang optimum untuk TSS dan \emptyset kapur-semen yang optimum untuk surfaktan COD, serta minyak dan lemak	sudah diperbaiki (halaman 73)
14.	ANova untuk penelitian pendahuluan (batch)	sudah diperbaiki (halaman 39 - 40)
15.	Saran untuk mengelols lumpur apabila diimplementasikan di lapangan	sudah diperbaiki (halaman 71 dan 74)

Dosen Pembimbing,

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

Mahasiswa Ybs.,

Farah Aulia Prasanti