



Published by Department of Environmental Engineering

ISSN 2085-1227 (print) | ISSN 2502-6119 (online)

EDITORIAL TEAM

EDITOR IN CHIEF

Eko Siswoyo, Ph.D., Universitas Islam Indonesia, Indonesia

EDITORIAL BOARD/REVIEWER

Dr. Nur Aini Iswati Hasanah, S.T., M.Si	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Is Fatimah	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Ir. Kasam , MT	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Joni Aldilla Fajri	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Suphia Rahmawati	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Puji Lestari, M.Sc.	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Prof. Joni Hermana, Ph.D	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Arseto Yekti Bagastyo, Ph.D.	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Ervin Nurhayati, Ph.D.	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Bieby Voijant Tangahu, Ph.D.	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Dr. Arie Dipareza Syafei	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Erik Prasetyo, Ph.D.	Indonesian Institute of Sciences, Indonesia
Prof. Shunitz Tanaka, Ph.D	Hokkaido University, Japan
Prof. Thomas Boving, Ph.D.	University of Rhode Island, USA
Prof. Tsair Fuh-Lin, Ph.D.	National Cheng Kung University, Taiwan



Published by Department of Environmental Engineering

ISSN 2085-1227 (print) | ISSN 2502-6119 (online)

PUBLISHER

Department of Environmental Engineering, Universitas Islam Indonesia

ABOUT JOURNAL

Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan (JSTL) published twice a year in January and June is a scientific journal that publishes scientific research papers and ideas in the field of science and technology related to environmental issues. JSTL only accepts original scientific works that have not been published by other medias. All incoming articles will be reviewed in advance by competent reviewers before being eligible for publication.

SCOPE OF JOURNAL

The scope of the journal emphasis but not limited to **Environmental Science and Technology**, i.e., drinking water treatment, wastewater treatment, solid waste treatment, solid waste management, cleaner production, air pollution management, resource recovery, water pollution, soil contamination, and other relevant fields.

PLAGIARISM CHECK

Plagiarism screening will be conducted by JSTL Editorial Board using Turnitin.

REFERENCE MANAGEMENT

Every article submitted to JSTL shall use Mendeley as reference management software.

ONLINE SUBMISSION

If you already have a Username/Password for JSTL, go to login at: <http://journal.uii.ac.id/JSTL/login>

Need a Username/Password? Go to registration at: <http://journal.uii.ac.id/JSTL/user/register>

Registration and login are required to submit items online and to check the current submission status.

ARTICLE PROCESSING CHARGE

Every article submitted to JSTL will not have any Article Processing Charges. This

includes submission, peer-reviewing, editing, publishing, maintaining and archiving, and allows

immediate access to the full text versions of the articles.

Published by Department of Environmental Engineering

ISSN 2085-1227 (print) | ISSN 2502-6119 (online)

TABLE OF CONTENT

PEMANTAUAN KUALITAS AIR SUNGAI CISADANE SECARA ONLINE DAN ANALISA STATUS MUTU AIR MENGGUNAKAN METODE STORET	76-91
Devi Ramadhawati, Heru Dwi Wahyono, Arif Dwi Santoso	
STUDI KOMPARASI PENURUNAN KESADAHAN MENGGUNAKAN SERBUK ECENG GONDOK TERAKTIVASI ASAM DAN BASA DENGAN SISTEM KANTONG CELUP	92-103
Nisa Nurhidayanti , Supriyanto , Yuli Winarto	
STRATEGI PENGEMBANGAN SISTEM PENGELOLAAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI WILAYAH PELAYANAN IPAL REGIONAL LAGADAR	104-119
Salma Savira Siddik, Mohamad Rangga Sururi	
ANALISIS PENAMBAHAN BAKTERI <i>Azospirillum</i> sp. TERHADAP KEPADATAN SEL DAN KANDUNGAN LIPID MIKROALGA <i>Chlorella</i> sp. SERTA PENYISIHAN N TOTAL DI LIMBAH CAIR TAHU	120-134
Shinta Elystia, Mesy Susri Darsi, Sri Rezeki Muria	
KARAKTERISASI MIKROPLASTIK DARI SEDIMEN PADANG LAMUN, PULAU PANJANG, JEPARA, DENGAN FT-IR INFRA RED	135-154
Kamelia Lestari, Haeruddin , Oktavianto Eko Jati	
PENURUNAN KADAR CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) DAN FOSFAT LIMBAH LAUNDRY DENGAN METODE ADSORPSI	155-165
Pungut, Muhammad Al Kholif , Wilda Diah Indah Pratiwi	
ANALISIS SUHU, pH DAN KUANTITAS KOMPOS HASIL PENGOMPOSAN REAKTOR AEROB TERMODIFIKASI DARI SAMPAH SISA MAKANAN DAN SAMPAH BUAH	
Sri Wahyuni Siagian, Yebi Yuriandala, Fina Binazir Maziya	166-176
PENERAPAN CLARITY METER SEBAGAI ALAT UKUR SEDERHANA KUALITAS INFLUEN DAN EFLUEN PENGUJIAN PARAMETER TSS, TDS, COD, DAN BOD DI IPAL PALGADING DAN TIRTO ASRI	177-194
Widodo Brontowiyono, Elita Nurfitriyani Sulisty, Suphia Rahmawati, Nurul, Istiqomah Agustin	

PEMANTAUAN KUALITAS AIR SUNGAI CISADANE SECARA ONLINE DAN ANALISA STATUS MUTU AIR MENGUNAKAN METODE STORET

Devi Ramadhawati¹⁾, Heru Dwi Wahyono²⁾, Arif Dwi Santoso²⁾

¹⁾Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur

²⁾Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta

E-mail : deviramadha@gmail.com

Abstrak

Perubahan kualitas air pada perairan umum seperti Sungai Cisadane mengalami dinamika yang cepat akibat besarnya beban pencemar dari aktivitas masyarakat di sepanjang sungai. Perubahan kualitas air yang cepat ini menuntut diterapkannya inovasi pemantauan kualitas air secara online untuk mengetahui kualitas air sungai dan memperkirakan indikasi sumber pencemaran secara lebih cepat dan realtime, sehingga dapat mencegah pencemaran yang semakin meningkat. Penelitian ini berfokus pada laporan pemantauan kualitas air Sungai Cisadane secara online menggunakan sistem telemetri Onlino. Sensor yang digunakan terdiri sensor suhu, daya hantar listrik, TDS, kekeruhan, DO, pH, dan nitrat yang ditempatkan di 3 stasiun Sungai Cisadane. Data hasil pemantauan dikirim dan diolah secara online kemudian dianalisis dengan menggunakan metode STORET. Hasil analisis menyatakan bahwa secara umum kondisi kualitas air Sungai Cisadane dalam kategori tercemar sedang, sehingga tidak memenuhi baku mutu peruntukan Kelas II, terutama untuk parameter TDS, DO, pH dan nitrat.

Kata kunci: Metode STORET, Onlino, Status Mutu Air, Sungai Cisadane

Abstract

Changes in water quality in public waters such as the Cisadane River have experienced rapid dynamics due to the large pollutant load from community activities along the river. This rapid change in water quality requires the implementation of online water quality monitoring innovations to determine the quality of river water and estimate the indication of pollution sources more quickly and in real time, so as to prevent increasing pollution. This study focuses on monitoring reports of the Cisadane River water quality online using the Onlino telemetry system. The sensors used consisted of temperature sensors, electrical conductivity, TDS, turbidity, DO, pH, and nitrates placed at 3 Cisadane River stations. The monitoring result was sent and processed online then the authors analyzed using the STORET method. The results of the analysis show that in general the condition of the Cisadane River water quality is in the medium polluted category, so that it does not meet the Class II designation quality standards, especially for the parameters of TDS, DO, pH and nitrate.

Keywords: Cisadane River, Onlino, STORET Methode, Water Quality Status

1. PENDAHULUAN

Sungai Cisadane merupakan sungai yang melintasi 44 kecamatan di 5 kabupaten kota yaitu Kabupaten Bogor, Kota Bogor, Kabupaten Tangerang, Kota Tangerang dan Tangerang Selatan. Sungai ini memiliki panjang 126 km dan luas seluruh area DAS sebesar 151.808 ha. Hulu sungai Cisadane berada di lereng Gunung Pangrango dan alirannya bermuara di laut Jawa (Rosarina dan Laksanawati, 2018). Sungai Cisadane menjadi sumberdaya air yang penting karena berfungsi sebagai sumber air baku PDAM, air baku industri, pertanian dan rumah tangga bagi masyarakat sekitarnya.

Dikirim/submitted: 16 April 2021

Diterima/accepted: 23 April 2021

Tingginya aktivitas masyarakat dan industri di sepanjang aliran sungai Cisadane dapat menjadi sumber bahan pencemar yang mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas air. Kualitas air sungai Cisadane berrfluktuasi dinamis, namun secara garis besar telah tercemar (Namara *et al.*, 2016). Menurut Siahaan *et al.* (2011), kualitas air sungai Cisadane dari hulu ke hilir semakin menurun. Bagian hulu sungai ini telah tercemar ringan sementara di bagian hilirnya tercemar berat. Oleh karena itu, kegiatan pemantauan kualitas air sungai perlu dilakukan untuk mencegah pencemaran yang semakin meningkat di sungai Cisadane. Menurut Kurniawan *et al.* (2014), pemantauan kualitas air sungai penting dilakukan. Sungai sebagai ekosistem terbuka menerima beban pencemaran melalui saluran-saluran air dari berbagai sumber pencemar.

Selama ini, upaya pemantauan kualitas air sungai Cisadane dilakukan secara parsial dan manual dimana pengukuran kualitas air dilakukan sesaat secara *in situ* dan *ex situ* (lapang dan laboratorium). Menurut Pamungkas (2017), pemantauan kualitas air secara manual, masih banyak dilakukan oleh instansi pengelolaan lingkungan. Menurut Wahyono (2018), pemantauan kualitas air secara manual memiliki beberapa kekurangan diantaranya membutuhkan waktu yang lama, biaya yang besar serta jarak yang jauh antara lokasi pengambilan sampel dengan laboratorium analisisnya. Oleh karena itu, pemantauan kualitas air secara manual tidak disarankan untuk mengukur kondisi dan kecenderungan kualitas air dalam waktu cepat.

Sehubungan dengan tingginya dinamika perubahan kualitas air dan besarnya beban pencemar yang masuk ke sungai Cisadane, maka upaya pemantauan kualitas air sungai dapat dilakukan secara langsung (*online*). Pemantauan kualitas air secara online merupakan penerapan teknologi telemetri yang memungkinkan dilakukannya kegiatan monitoring kualitas air secara jarak jauh, sehingga lebih praktis dan efisien. Teknologi Pemantauan kualitas air secara online ini dikembangkan untuk mendukung kegiatan pemantauan kualitas air secara manual yang dirasa kurang efektif, karena besarnya sungai dan banyaknya titik pantau (Wahyono, 2018). Pemantauan kualitas air secara online dapat memberikan data kualitas air secara lebih cepat, *realtime* dan berkala yang nantinya dapat memberikan informasi terkait status mutu air dan tingkat pencemaran.

Hasil pemantauan kualitas air tersebut, dapat ditrasformasikan menjadi nilai tunggal yang mewakili kondisi dan status mutu perairan (Hendrawan, 2005). Salah satu metode yang sering digunakan untuk menentukan status mutu air sungai adalah metode STORET karena

metode ini menggunakan data *time series* sehingga lebih menggambarkan kualitas air dan metodenya mudah dipahami oleh masyarakat awam (Romdania *et al.*, 2018).

Pada artikel ini penulis akan menyampaikan hasil kegiatan pemantauan kualitas air Sungai Cisadane secara online. Paparan ini diharapkan menjadi bahan komparasi dengan kegiatan pemantauan yang telah dilakukan sebelumnya dan menjadi rujukan untuk kegiatan pemantaun di perairan lainnya.

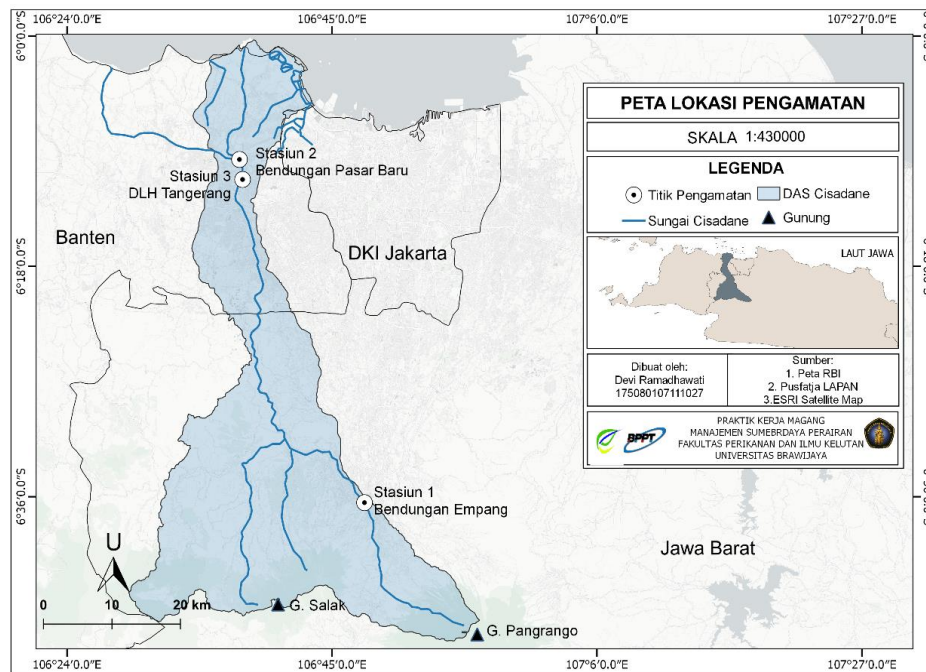
2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Pengambilan data penelitian ini dilakukan di tiga stasiun monitoring Sungai Cisadane (Gambar 1) milik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang dibangun bekerjasama dengan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Stasiun 1 (STO 5) terletak di Bendungan Empang Bogor yang merupakan bagian hulu sungai dengan topografi yang lebih tinggi dan tata guna lahan di sekitarnya sungai berupa bendung, pemukiman warga, industri, sedikit area lahan pertanian basah. Stasiun 2 (STO 6) terletak di Bendungan Pasar Baru yang merupakan bagian hilir sungai dan berada di kawasan pusat Kota Tangerang dengan tata guna lahan disekitarnya berupa Bendung Pintu Air Sepuluh untuk irigasi, pemukiman warga, dan industri. Stasiun 3 yang terletak di pos pemantauan sungai Cisadane Kota Tangerang yang merupakan bagian hilir sungai dan berada di dekat area permukiman warga dan industri. Peta lokasi pengambilan dan pengamatan data sampel dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Stasiun pengamatan



Gambar 2. Lokasi pengamatan

2.2 Teknologi Telemetri Onlino

Pengambilan sampel pada ketiga stasiun pengamatan dilakukan dengan menggunakan teknologi telemetri Onlino. Onlino merupakan teknologi pemantauan kualitas air jarak jauh, secara online dan *realtime* yang telah dikembangkan oleh BPPT. Sensor Onlino yang digunakan merupakan multiprobe sensor yang terdiri dari sensor parameter suhu, daya hantar listrik, TDS, kekeruhan, DO, pH, dan nitrat. Probe pada sensor yang digunakan telah dikalibrasi secara rutin dan berkala sebelumnya. Data hasil pengukuran kualitas air dari sensor tersebut akan disimpan sementara oleh data logger. Data logger yang digunakan memiliki dua jenis interval pemantauan yaitu secara periodik dan EWS/ *early warning system*, *delay* waktu pengukuran kualitas air untuk EWS adalah 60 detik. Interval pemantauan, penyimpanan dan pengiriman data dapat dimonitoring dari pusat data, serta memiliki *onsite* display untuk menampilkan hasil pengukuran setiap saat di lapangan. Spesifikasi dari sensor dan data logger dapat dilihat pada Tabel 1. Data kualitas air selanjutnya akan dikirim ke pusat data sesuai interval waktu yang telah diset, menggunakan media SMS (*Short Message Service*) dari provider GSM yang tersedia. Data yang telah diterima oleh pusat data akan dikelola oleh aplikasi *software* dan *database* Onlino, sehingga dihasilkan data pengukuran *realtime* yang selanjutnya akan dianalisis.

Tabel 1. Spesifikasi Sensor dan Data Logger

Sensor	Data Logger
Multiprobe sensor	Serial RS-232 port : 1 main, 3 slave
Output data analog atau digital (4-20mA)	8 channel analog port
Koneksi PC RS232C atau RS485C	8 bit optocoupler TTL input, extendable to 40 bit
Data speed 1.200 ~ 11.520 bps	4 bit Transistor output, extendable to 20 bit
Data logging : cyclic atau noncyclic	56 kByte flash memori
Logging interval: 1 ~ 86.400 detik	Real Time Clock
Dilengkapi GPS	Dilengkapi PLC untuk EWS

2.3 Analisis Data

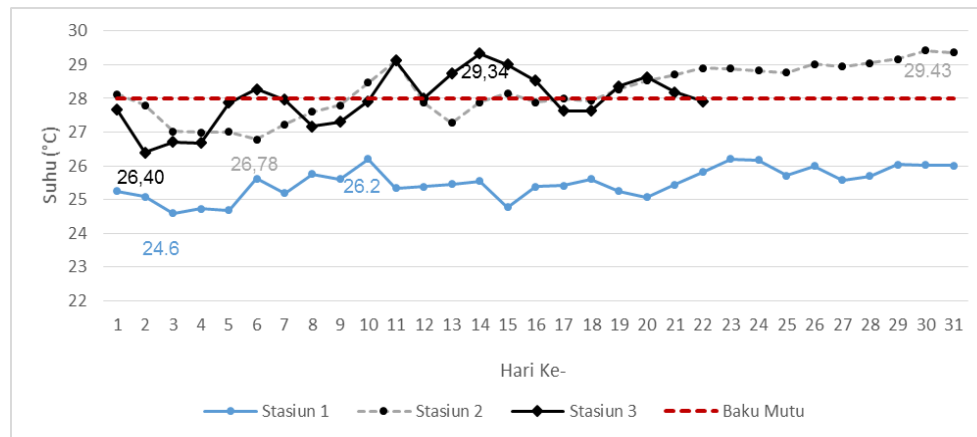
Data yang telah diperoleh dari sistem Onlimo kemudian dianalisis dengan menggunakan metode STORET. Metode STORET digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran Sungai Cisadane dengan menggunakan parameter parameter suhu, DHL, TDS, kekeruhan, DO, pH, dan nitrat. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan tingkat pencemaran kualitas air Cisadane.

Pedoman perhitungan metode STORET didasarkan pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air dan baku mutu air yang digunakan didasarkan pada Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran, peruntukan Kelas II yaitu untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Penentuan kelas II ini didasarkan pada pemanfaatan sungai Cisadane yang berfungsi sebagai sumber bahan baku air minum, rekreasi dan irigasi oleh masyarakat (Simanjuntak *et al.*, 2016).

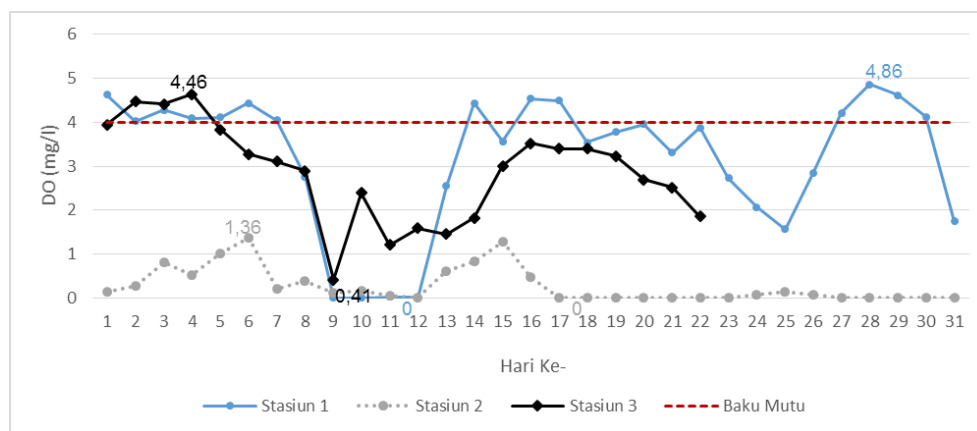
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Suhu dan DO (*Dissolved Oxygen*)

Hasil pengukuran suhu dan DO periode Bulan Desember 2016 dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Stasiun 1 memiliki memiliki nilai suhu 24,60-26,20°C dan DO 0-4,86 mg/l; untuk Stasiun 2 memiliki suhu 26,78–29,43°C dan DO 0–1,36 mg/l . Selanjutnya, hasil pengukuran pada Bulan Februari-Maret 2020 Stasiun 3 memiliki nilai suhu 26,40- 29,34°C dan DO 0,41–4,46 mg/l.



Gambar 3. Grafik pengukuran suhu



Gambar 4. Grafik pengukuran DO

Menurut Siahaan *et al.* (2011), suhu air Sungai Cisadane berkisar antara 23–30°C dan masih dalam kisaran suhu perairan tawar di Indonesia yaitu 21,3 – 31,4°C. Secara umum suhu air sungai Cisadane (Gambar 3) bagian hulu relatif lebih rendah dibandingkan dengan bagian hilir. Hal tersebut dapat terjadi karena variasi suhu perairan dipengaruhi oleh topografi tempat. Menurut Suhmana (2012), daerah hulu sungai merupakan daerah yang tinggi, sehingga memiliki tekanan udara yang rendah akibatnya suhu udara maupun suhu air cenderung lebih rendah dibandingkan dengan daerah hilir yang memiliki tekanan udara lebih tinggi.

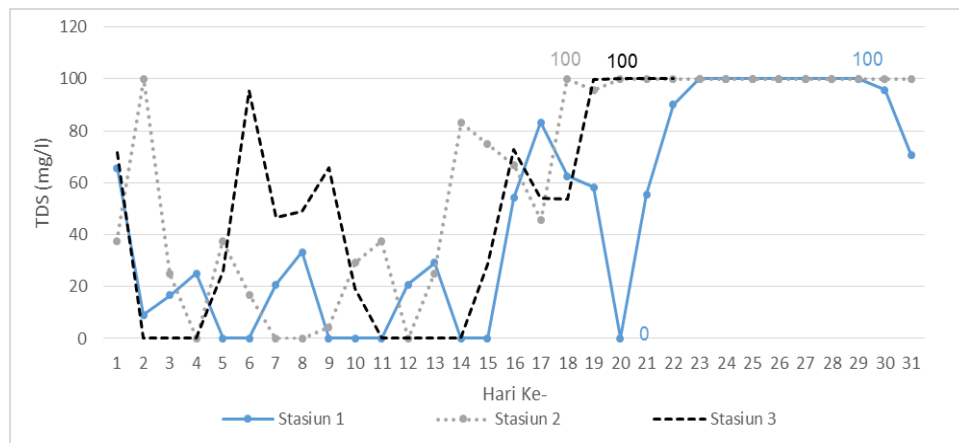
Kondisi DO pada ketiga stasiun (Gambar 4) masih belum memenuhi baku mutu DO sesuai PP No.82 tahun 2001 peruntukan Kelas II yaitu minimal 4 mg/l dengan nilai rata-rata DO terendah pada Stasiun 2. Variasi hasil pengukuran DO tersebut dapat dipengaruhi oleh buangan limbah. Menurunnya rata-rata harian DO dari bagian dari hulu ke hilir Sungai Cisadane, menggambarkan adanya peningkatan jumlah limbah dari sekitar lokasi. Effendi

(2003), semakin ke hilir maka konsentrasi DO akan semakin menurun yang disebabkan karena adanya peningkatan proses dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik yang berasal dari buangan limbah. Selain itu, rendahnya konsentrasi DO di Stasiun 1 dapat dipengaruhi oleh tingginya nilai kekeruhan yaitu sebesar 13,89- 105,50 NTU. Menurut Sugainti dan Astuti (2018), tingginya nilai kekeruhan dapat menghambat proses difusi, sehingga konsentrasi oksigen terlarut akan menurun. Rendahnya konsentrasi DO di stasiun 2 dan 3 dapat disebabkan karena adanya peningkatan bahan pencemar yang berasal dari permukiman, kawasan pertokoan, industri, perkantoran, pusat perbelanjaan dan pusat kuliner yang berada di sekitar lokasi pengamatan. Adanya bahan pencemar yang masuk ke sungai akan terbawa oleh aliran arus dan terakumulasi serta terdekomposisi, sehingga menyebabkan kandungan DO di bagian hilir menurun.

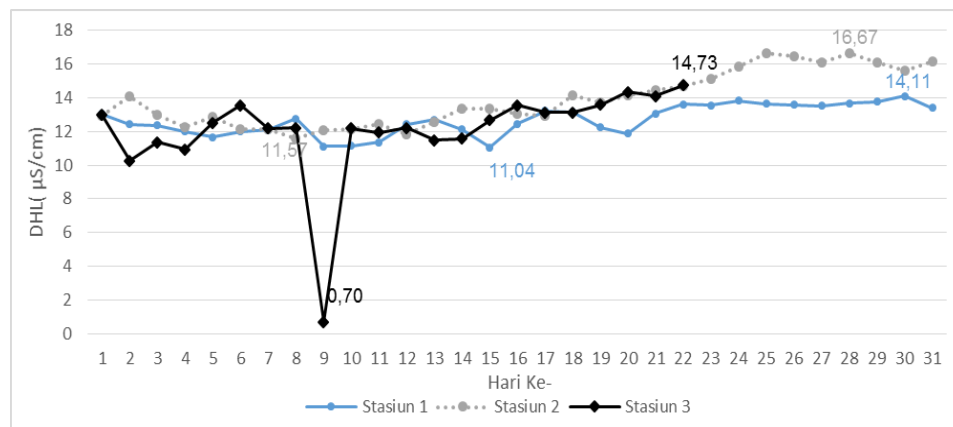
Kenaikan suhu di Stasiun 1 dan Stasiun 3 diikuti dengan menurunnya konsentrasi DO. Hal tersebut dapat disebabkan karena suhu dapat mempengaruhi kelarutan oksigen di air. Menurut Muarif (2015), kenaikan suhu dapat menyebabkan tingkat kelarutan oksigen menurun. Selain itu, pada saat suhu meningkat aktivitas metabolisme organisme akuatik juga akan meningkat dan menggunakan oksigen dua kali lipat lebih banyak. Hal tersebut menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut di perairan menurun. Pada Stasiun 2 dimana konsentrasi DO berbanding lurus dengan kenaikan suhu, hal tersebut dikarenakan suhu mempengaruhi proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen. Menurut Urbasa *et al.* (2015), pada siang hari ketika matahari bersinar pelepasan oksigen saat proses fotosintesis berlangsung insentif lebih besar dari pada oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi.

3.2 TDS (*Total Dissolved Solid*), DHL (*Daya Hantar Listrik*) dan Kekeruhan

Hasil pengukuran TDS, DHL dan kekeruhan periode Bulan Desember 2016 dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7. Stasiun 1 memiliki nilai TDS 0-100 mg/l; DHL 11,04-14,11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan kekeruhan 13,89-105,50 NTU, sedangkan stasiun 2 memiliki nilai TDS 0-100 mg/l; DHL 11,57-16,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan kekeruhan 4,63-34,125 NTU. Hasil pengukuran periode bulan Februari-Maret 2020, Stasiun 3 memiliki nilai TDS 0-100 mg/l; DHL 0,7-14,73 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan kekeruhan 6,63-269,69 NTU. Nilai rata-rata pengukuran TDS pada ketiga stasiun (Gambar 5) memenuhi baku mutu PP No.82 tahun 2001 peruntukan Kelas II yaitu kurang dari 1000 mg/l. Penelitian sebelumnya oleh Budi *et al.* (2013), menyebutkan bahwa nilai TDS Sungai Cisadane pada tahun 2008 berkisar antara 62-104 mg/l. Konsentrasi TDS perairan dapat dipengaruhi oleh limpasan dari tanah dan pelapukan batuan.



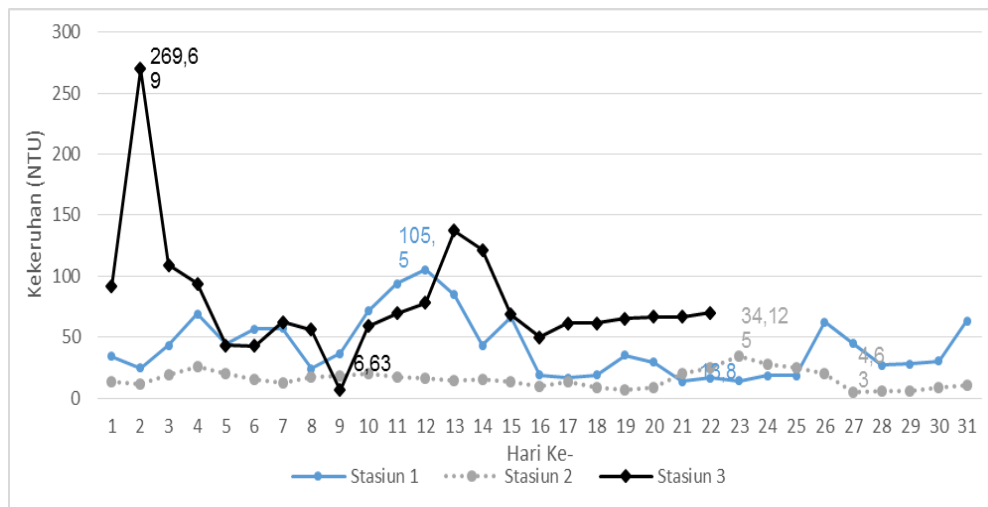
Gambar 5. Grafik pengukuran TDS



Gambar 6. Grafik pengukuran DHL

Menurut Ruseffandi dan Gusman (2020), daya hantar listrik pada air murni berkisar antara 0-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (*low conductivity*), pada sungai sungai berkisar antara 200-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (*mid range conductivity*), dan pada air saline adalah 1000-10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (*high conductivity*). Besarnya nilai TDS di perairan akan mempengaruhi nilai DHL. Menurut Astuti (2014), TDS dapat disebabkan oleh adanya bahan anorganik yang berupa ion-ion dan gas terlarut serta zat organik. Keberadaan ion-ion tersebut yang akan mempengaruhi nilai DHL (Gambar 6). Hasil pengamatan di atas, menunjukkan bahwa secara umum nilai TDS berfluktuasi dengan nilai DHL relatif rendah. Hal tersebut dapat dipengaruhi karena TDS di Sungai Cisadane diduga didominasi dari zat organik yang berasal dari limbah domestik, sehingga tingginya nilai TDS tidak diikuti dengan tingginya nilai DHL. Menurut Effendi (2003), kemampuan air dalam mengantarkan listrik bergantung pada tergantung keberadaan ion dan total konsentrasi ion. Semakin banyak garam garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL, sebaliknya, semakin tinggi padatan terlarut yang berupa bahan organik (sukrosa dan benzene)

yang tidak dapat mengalami disosiasi, maka semakin rendah nilai DHL.

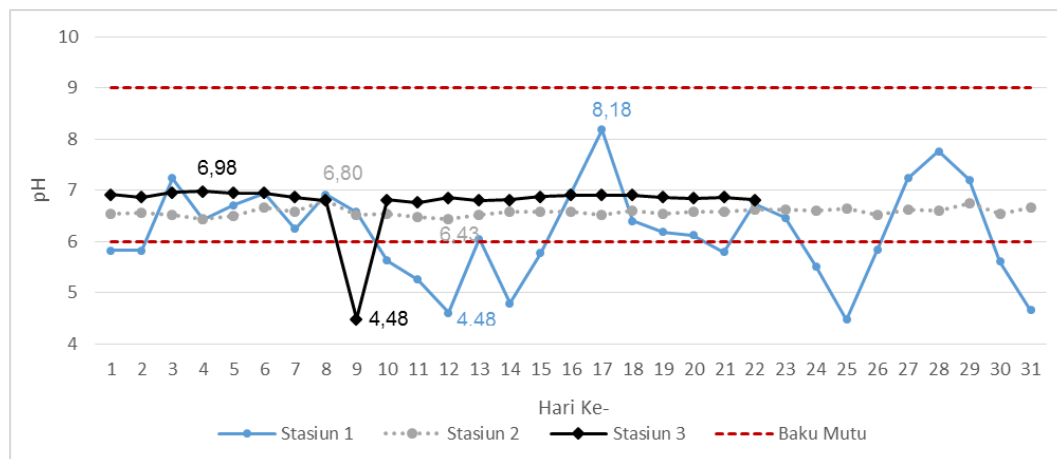


Gambar 7. Grafik pengukuran kekeruhan

Penelitian sebelumnya oleh Aisyah (2014), menyebutkan bahwa nilai kekeruhan Sungai Cisadane berkisar antara 18,8-192,7 NTU. Hasil pengamatan di atas (Gambar7), menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekeruhan terendah pada stasiun 2. Nilai kekeruhan di perairan dapat dipengaruhi oleh limpasan sedimen dari daratan dan curah hujan. Tingginya kekeruhan di Stasiun 1 bagian hulu dapat disebabkan karena adanya erosi hulu sungai yang berada di daerah dataran tinggi. Aisyah (2014), memaparkan bahwa kekeruhan Sungai Cisadane yang relatif tinggi dapat disebabkan adanya peningkatan sedimentasi akibat erosi di bagian hulu. Selanjutnya, tingginya nilai kekeruhan di Stasiun 3, dapat disebabkan karena Stasiun 3 merupakan area hilir, sehingga terjadi akumulasi sedimen dan bahan lainnya yang terbawa oleh limpasan permukaan saat hujan. Sesuai pernyataan Siahaan *et al.* (2011), bahwa padatan tersuspensi dari hulu sungai akan terbawa ke hilir oleh aliran air. Hal tersebut menyebabkan adanya akumulasi, sehingga kekeruhan di bagian hilir juga semakin tinggi. Selain itu, berdasarkan data analisis iklim BMKG curah hujan tertinggi yaitu pada di Stasiun 3 sebesar 440,1 mm, diikuti Stasiun 1 sebesar 142,5 mm dan terendah Stasiun 2 yang hanya 120 mm. Menurut Maturbongs (2015), curah hujan yang tinggi berkorelasi positif terhadap nilai kekeruhan perairan.

3.3 pH dan DO (*Dissolved Oxygen*)

Hasil pengukuran rata-rata harian pH periode Desember 2016 dapat dilihat pada Gambar 8. Pada Stasiun 1 berkisar antara 4,48-8,18 dan untuk Stasiun 2 berkisar antara 6,43- 6,80. Rata-rata nilai pH pada Stasiun 3 periode Februari-Maret 2020 berkisar antara 4,48-6,98.



Gambar 8. Grafik pengukuran pH

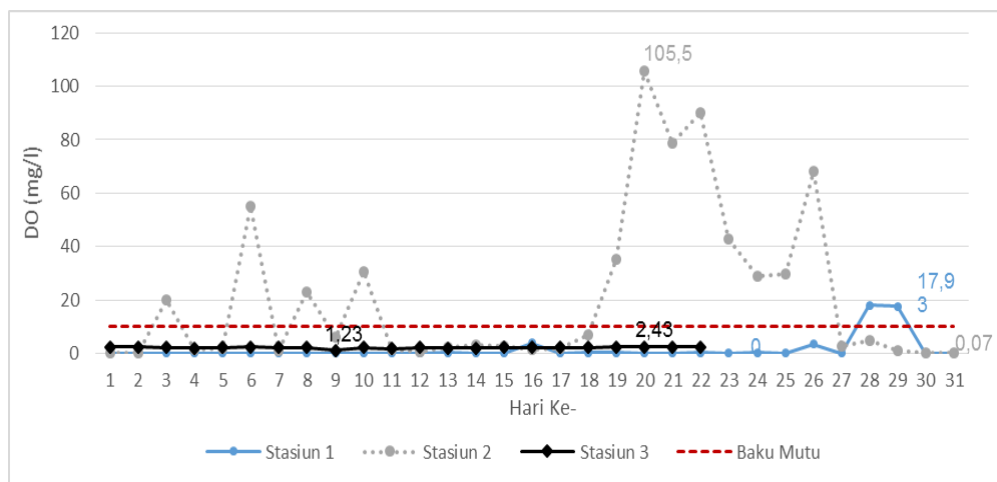
Hasil pengukuran rata-rata harian pH pada ketiga stasiun (Gambar 8), hanya Stasiun 2 yang secara keseluruhan memenuhi baku mutu PP No.82 tahun 2001 peruntukan Kelas II yaitu berkisar antara 6-9. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai pH pada Stasiun 1 berfluktuasi, sedangkan pada stasiun 2 relatif sama serta pada Stasiun 3 hanya hari ke-9 yang mengalami penurunan. Menurut Siahaan, *et al.* (2011), pH Sungai Cisadane berfluktuasi antara 5-6,5 dan umumnya pH sungai berkisar antara 4-9.

Variasi nilai pH pada ketiga stasiun dapat dipengaruhi oleh curah hujan dan buangan limbah. Menurut Rizki *et al.* (2009), besarnya curah hujan akan mempengaruhi tingkat keasaman perairan yang ditunjukkan dengan rendahnya nilai pH. Hal tersebut dikarenakan akan semakin banyak sulfat di atmosfer yang tercuci oleh air hujan sehingga nilai pH akan semakin menurun (Supriatin *et al.* 2017). Berdasarkan data iklim BMKG, curah hujan di bagian hulu relatif lebih rendah yaitu hanya sebesar 142,5 mm, sehingga kisaran pH pada Stasiun 1 cenderung lebih besar. Selanjutnya, curah hujan tertinggi berada di Stasiun 3 yaitu sebesar 440,1 mm. Hal tersebut menyebabkan nilai rata-rata pH pada stasiun ini cenderung lebih rendah, terutama pada hari ke-9 dengan curah hujan sebesar 51.5 mm yang nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan curah hujan harian dalam bulan Februari 2020. Selain itu, nilai rata-rata pH di bagian hilir (Stasiun 2 dan Stasiun 3) cenderung lebih asam dibandingkan dengan Stasiun 1 yang merupakan bagian hulu sungai. Suhmana (2012), menegaskan bahwa air dari dataran tinggi relatif mempunyai pH yang lebih tinggi, semakin ke hilir pH air akan menurun menuju suasana asam, hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan bahan organik yang akan membebaskan CO₂ jika terdekomposisi. Nilai pH di perairan juga berkaitan dengan konsentrasi DO dan karbon dioksida, dimana nilai pH akan menurun seiring menurunnya nilai DO.

Menurut Kordi dan Tancung (2007), pada proses fotosintesis siang hari, fitoplankton atau tanaman air menyerap karbondioksida dan menghasilkan oksigen. Pada proses tersebut pH perairan akan meningkat. Sebaliknya, pada malam hari tanaman air dan fitoplankton mengonsumsi oksigen dan menghasilkan karbondioksida, sehingga kandungan pH perairan akan menurun.

3.4 Nitrat

Hasil pengukuran rata-rata harian nitrat pengukuran periode Desember 2016 dapat dilihat pada Gambar 9. Pada Stasiun 1 berkisar antara 0-17,93 mg/l dan untuk Stasiun 2 berkisar antara 0,07- 105,59 mg/l selanjutnya nilai periode februari Maret 2020 pada Stasiun 3 (DHL Tangerang) berkisar 1,23-2,43 mg/l.



Gambar 9. Grafik pengukuran nitrat

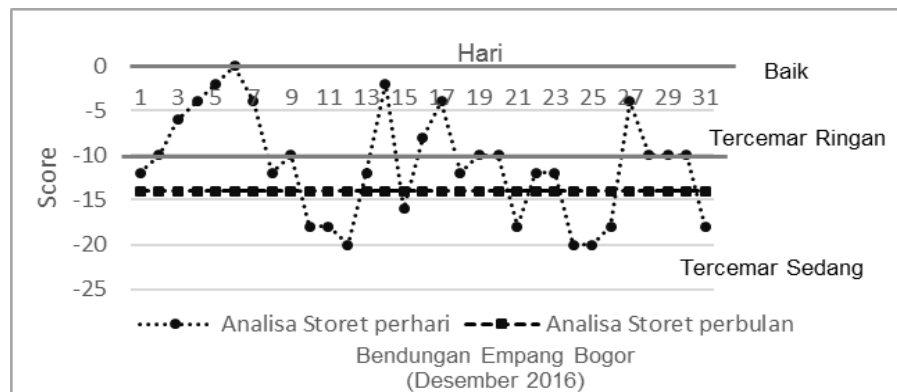
Hasil pengamatan di atas (Gambar 9), menunjukkan bahwa secara umum nitrat bagian pada Stasiun 1 dan 2 lebih tinggi dibandingkan dengan Stasiun 3. Besarnya rata-rata kandungan nitrat dapat dipengaruhi oleh limbah yang berasal dari sekitar stasiun pengamatan. Adanya lahan pertanian basah di sekitar Stasiun 1 yang menghasilkan limbah pertanian dari pupuk, berpotensi menyebabkan kandungan nitrat meningkat. Menurut Suhmana, (2012), kegiatan pertanian tentunya akan menghasilkan limbah pertanian dari pupuk yang digunakan, yang melalui hujan akan tercuci, sehingga konsentrasi nitrat yang terlarut dan terbawa oleh run-off masuk ke badan sungai.

Tingginya nilai nitrat di Stasiun 2 dapat dipengaruhi oleh buangan limbah dari industri dan pemukiman padat di sekitar lokasi pengamatan. Semakin meningkatnya kepadatan penduduk di sekitar sungai dari hulu ke hilir menyebabkan pemanfaatan sungai sebagai sumberdaya air oleh masyarakat juga meningkat. Pemanfaatan sungai oleh masyarakat sekitar untuk kegiatan

MCK dapat mempengaruhi konsentrasi nitrat di Sungai Cisadane. Menurut Hamuna *et al.* (2018), masuknya bahan pencemar dari aktivitas daratan yang dapat berupa erosi daratan, limbah rumah domestik, limbah pertanian yang terbawa run-off, dapat menyebabkan meningkatnya kandungan nitrat di perairan. Susana (2009), juga menyebutkan bahwa konsentrasi nitrat di Sungai Cisadane yang tinggi dapat disebabkan oleh kebiasaan masyarakat setempat yang melakukan kegiatan MCK di sepanjang aliran Sungai Cisadane banyak berdiri MCK yang berdampak pada meningkatnya pasokan nitrat ke dalam aliran sungai.

3.5 Status Mutu Air Berdasarkan Metode STORET

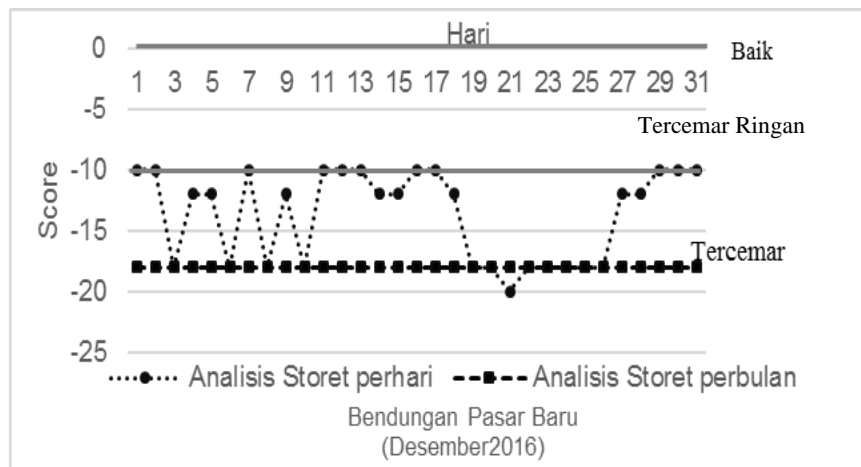
Penentuan status mutu dilakukan menggunakan metode STORET. Status mutu air pada stasiun 1, stasiun 2 dan stasiun 3 dapat dilihat pada Gambar 10, Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 10. Status mutu air di Stasiun 1 Bendung Empang

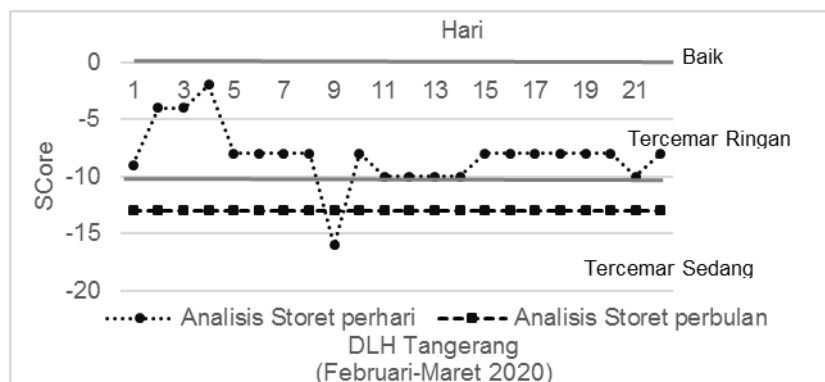
Tingkat pencemaran pada Stasiun 1 Bulan Desember 2016 (Gambar 10) berdasarkan metode STORET perhari, berada dalam kategori baik, tercemar ringan dan tercemar sedang dengan skor berkisar antara 0 sampai (-20), sedangkan berdasarkan analisa metode STORET perbulan berada dalam kategori tercemar sedang dengan skor (-14). Menurut Siahaan *et al* (2011), bagian hulu Sungai Ciadane telah tercemar, dimana semakin ke hilir kualitas airnya semakin menurun. Dari tujuh parameter yang digunakan, parameter yang tidak memenuhi baku mutu PP No.82 tahun 2001 Kelas II adalah parameter DO, pH dan nitrat. Adanya variasi nilai DO, pH dan nitrat dapat dipengaruhi oleh adanya bahan pencemar yang masuk ke badan sungai. Sesuai dengan tata lahan di sekitar Stasiun 1, bahan pencemar tersebut dapat berupa limbah domestik limbah industri, maupun limbah pertanian. Menurut Suhmana (2012), bahan organik yang terdapat pada limbah tersebut akan didekomposisi menggunakan oksigen yang berada di perairan dan akan membebaskan karbondioksida yang bersifat asam, sehingga pH

di perairan juga menurun. Selain itu, limbah domestik dan pertanian juga berpotensi meningkatkan konsentrasi nitrat di perairan.



Gambar 11. Status mutu air di Stasiun 2 Bendung Pasar Baru

Tingkat pencemaran pada Stasiun 2 Bulan Desember 2016 berdasarkan metode STORET (Gambar 11), berada dalam kategori tercemar ringan dan tercemar sedang dengan skor berkisar antara (-10) sampai (-20), sedangkan berdasarkan analisa metode STORET perbulan berada dalam kategori tercemar sedang dengan skor (-18). Menurut Siahaan *et al.* (2011), sungai Cisadane bagian hilir telah tercemar parah sehingga tidak dapat digunakan untuk peruntukan Kelas 2, namun masih dapat digunakan untuk peruntukan kelas 3 dan 4. Dari tujuh parameter yang digunakan, parameter yang tidak memenuhi baku mutu PP No.82 tahun 2001 Kelas II adalah parameter DO dan nitrat. adanya variasi nilai DO dan nitrat dapat dipengaruhi oleh adanya bahan pencemar yang masuk ke perairan (effendi, 2003). Tata lahan di sekitar Stasiun 2, yang didominasi perumahan, industri dan perkantoran, limbah yang dihasilkan dapat berpotensi menurunkan nilai DO dan meningkatkan konsentrasi nitrat.



Gambar 10. Status mutu air di Stasiun 3 DLH Tangerang

Tingkat pencemaran pada Stasiun 3 Bulan Februari-Maret 2020 (Gambar 12) berdasarkan metode STORET, berada dalam kategori tercemar ringan dan tercemar sedang dengan skor berkisar antara (-2) sampai (-16), sedangkan berdasarkan analisa metode STORET perbulan berada dalam kategori tercemar sedang dengan skor (-13). Menurut Siahaan *et al.* (2011), kualitas air sungai Cisadane pada bagian hilir telah tercemar parah (berat). Dari tujuh parameter yang digunakan, parameter yang tidak memenuhi baku mutu PP No.82 tahun 2001 Kelas II adalah parameter TDS, DO, pH dan nitrat. Adanya variasi nilai TDS, DO, pH dan nitrat dapat dipengaruhi oleh adanya bahan pencemar yang masuk ke badan sungai. Penggunaan lahan disekitar Stasiun 3 (DLH Tangerang) yang didominasi oleh pemukiman warga dan industri, berpotensi menghasilkan limbah domestik yang dapat menurunkan nilai DO dan pH serta meningkatkan nilai TDS dan nitrat.

4. KESIMPULAN

Penerapan teknologi Onlimo di Sungai Cisadane dalam upaya pemantauan kualitas air dapat memberikan data kualitas air dan status mutu air secara kontinyu, *online* dan *realtime*. Dari data hasil pemantauan Onlimo yang telah dianalisis dengan metode STORET menunjukkan status mutu air pada Bulan Desember 2016 termasuk dalam katategori tercemar sedang, dengan skor (-14) di Staisun 1 dan skor (-18) Stasiun 2. status mutu pada Bulan Februari-Maret 2020 di staisun 3 juga termasuk dalam katategori tercemar sedang, dengan skor yaitu (-13), sehingga secara keseluruhan Sungai Cisadane telah tercemar sedang. Dari ketiga stasiun, kualitas air Sungai Cisadane yang paling tercemar adalah Stasiun 2, yang ditandai dengan skor indeks Storet tertinggi.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada pembimbing lapang selama kegiatan PKM di Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Penerapan dan Pengkajian Teknologi atas bimbingan, saran dan masukannya dalam penulisan artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S. (2014). Annual Water Quality Condition of Cisadane Downstream, West Java – Banten. *International Conference on Ecohydrology (ICE): Research Center For Limnology-Indonesian Institute Of Sciences*, 405 – 413.
- Astuti, A. D. (2014). Kualitas Air Irigasi Ditinjau dari Parameter DHL, TDS, pH pada Lahan Sawah Desa Bulumanis Kidul Kecamatan Margoyos. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK*, 10 (1): 35-42.

- Badan Meterologi, Klimatologi dan Geofisika. (2020). Curah Hujan di Indonesia. Diakses dari website : <http://dataonline.bmkg.go.id>.
- Budi W, R. S., Rahayu, D dan Komariah, S. (2013). Efektifitas Riverbank Filtration Terhadap Parameter Fisik (TDS) di Sungai Cihideung. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 1 (1): 117-121.
- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H., Suwito, H. M. dan Alianto. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16 (1): 35-43.
- Hendrawan, D. 2005. Kualitas Air Sungai dan Situ di DKI Jakarta. *Makara Journal of Technology*. 9 (1): 13-19.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. (2020). <https://luk.staff.ugm.ac.id/atur/sda/KepmenLH115-2003StatusMutuAir.pdf>.
- Kordi, M. G. H dan Tancung, A. B. (2007). Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budi Daya Perairan. Yogyakarta: Rineka Cipta.
- Maturbongs, M. R. (2015). Pengaruh Tingkat Kekeruhan Perairan Terhadap Komposisi Spesies Makro Algae Kaitannya dengan Proses Upwelling pada Perairan Rutong-Leahari. *Agricola*, 5 (1): 21-31.
- Muarif, M. (2016). Karakteristik Suhu Perairan di Kolam Budidaya Perikanan. *Jurnal Mina Sains*, 2 (2): 96-101.
- Namara, I., Kurniati, K dan Jaelani, R. (2016). Klasifikasi Kualitas Air Sungai Cisadane Kota Tangerang. *Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa)*, 48-56.
- Pamungkas, R.S. (2017). Rancang Bangun Penerima Sinyal Berbasis Komunikasi Nirkabel Untuk Monitoring Kualitas Air. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran.
- Rizki, T. Y., Tito C. K. dan Setiawan, A. (2015). Variasi pH di Perairan Indonesia. Balai Penelitian dan Observasi Laut.
- Romdania, Y., Herison, A., Susilo, E. K dan Novilyansa, E. (2018) Kajian penggunaan metode IP, Storet, dan CCME WQI dalam menentukan status kualitas air. *Jurnal Spatial*, 18 (1): 1-13.
- Rosarina, D dan Laksanawati, E. K. (2018). Studi Kualitas Air Sungai Cisadane Kota

- Tangerang Ditinjau dari Parameter Fisika. *Jurnal Redoks*, 3 (2): 38-43.
- Ruseffandi, M. A dan Gusman, M. (2020). Pemetaan Kualitas Air Tanah Berdasarkan Parameter Total Dissolved Solid (TDS) dan Daya Hantar Listrik (DHL) dengan Metode *Ordinary Kriging* di Kecamatan Padang Barat, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5 (1): 153-162.
- Sari, S. G. (2007). Kualitas Air Sungai Maron dengan Perlakuan Keramba Ikan di Kecamatan Trawas Kabupaten Mojokerto Jawa Timur, *Bioscientiae*, 4 (1): 29-35.
- Siahaan, R., A. Indrawan, D. Soedharma dan Lilik B. Prasetyo. (2011). Kualitas Air Sungai Cisadane, Jawa Barat-Banten, *Jurnal Ilmiah Sains*, 11 (2): 268-273.
- Simanjuntak, W.S., Namara, I., Chayati, N dan Muhammad, F. (2016). Kajian Aspek Teknis Pada Peraturan Pengelolaan Kualitas Air. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 1-5.
- Sugianti, Y dan Astuti, L. P. (2018). Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19 (2): 203-212.
- Suhmana, D. (2012). Dinamika Kualitas Air Sungai pada Berbagai Penggunaan Lahan di Sub DAS Cisadane. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Supriatin, L. S., W. E. Cahyono dan Syafrizon. 2017. Pengaruh Kualitas Air Hujan Pada Konsentrasi Metana, *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2 (2): 103-109.
- Susana, T. (2009). Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti*, 5 (2): 33-39.
- Urbasa, P.A., S. L. Undap, dan R. J. Rompas. (2015). Dampak Kualitas Air pada Budi Daya Ikan dengan Jaring Tancap di Desa Toulimembet Danau Tondano. *e-Journal Budidaya Perairan*, 3 (1):59-67.
- Wahyono, H. D. (2018). Penerapan Teknologi Online Monitoring Kualitas Air di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional dan Konsultasi Teknologi Lingkungan*, 42-51.

STUDI KOMPARASI PENURUNAN KESADAHAN MENGGUNAKAN SERBUK ECENG GONDOK TERAKTIVASI ASAM DAN BASA DENGAN SISTEM KANTONG CELUP

Nisa Nurhidayanti ¹⁾, Supriyanto ²⁾, Yuli Winarto ³⁾

^{1,2,3)}Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Bekasi

E-mail : nisa.kimia@pelitabangsa.ac.id

Abstrak

Air sumur di Komplek PJKA RT 01 / RW 01 Dusun Tanjungsari Lemah Abang Cikarang Utara memiliki kesadahan yang tinggi. Kesadahan air sumur yang tinggi apabila dikonsumsi dapat membahayakan kesehatan manusia, terutama bagi fungsi ginjal sebagai organ ekskresi. Eceng gondok merupakan salah satu jenis tumbuhan air yang mempunyai kemampuan menyerap polutan pencemaran air, salah satunya adalah kesadahan air. Konsumsi air sadah dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan gangguan fungsi ginjal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan adsorben eceng gondok teraktivasi HCl 3M dan NaOH 2% dengan variasi massa dalam menurunkan kadar kesadahan air sumur gali. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan desain penelitian uji pendahuluan untuk mengetahui kadar kesadahan awal kemudian dikontakkan dengan serbuk eceng gondok teraktivasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben eceng gondok teraktivasi HCl 3 M dengan variasi dosis 0,5 g mampu mengabsorpsi kesadahan sebesar 11,15% dengan nilai kesadahan teradsorpsi sebesar 62,5 mg/L dan nilai kesadahan menjadi 498 mg/L. Sedangkan adsorben eceng gondok teraktivasi NaOH 2% dengan variasi dosis 0,1 g mampu mengabsorpsi kesadahan sebesar 34,5 mg/l atau dengan persen adsorpsi sebesar 6,16% dan nilai kesadahan menjadi 526 mg/L.

Kata kunci : asam, basa, eceng gondok, kantong celup, komparasi

Abstract

The well water in the PJKA Complex RT 01 / RW 01 Dusun Tanjungsari Lemah Abang North Cikarang has high hardness. High hardness of well water when consumed can endanger human health, especially for kidney function as an excretory organ. Water hyacinth is one type of aquatic plant that has the ability to absorb water pollution pollutants, one of which is water hardness. Consumption of hard water in the long term can cause impaired kidney function. This study aims to determine the effectiveness of activated water hyacinth adsorbents 3M HCl and 2% NaOH with mass variations in reducing the hardness of dug well water. This research is an experimental study with a preliminary test research design to determine the initial hardness level then contacted with activated water hyacinth powder. The results showed that activated water hyacinth adsorbent 3 M HCl with a dose variation of 0.5 g was able to absorb 11.15% hardness with an adsorbed hardness value of 62.5 mg/L and a hardness value of 498 mg/L. While the activated water hyacinth adsorbent NaOH 2% with a dose variation of 0.1 g was able to absorb a hardness of 34.5 mg/l or with an adsorption percent of 6.16% and a hardness value of 526 mg/L.

Keywords : acid, base, water hyacinth, dip bag, comparison

1. PENDAHULUAN

Kesadahan sementara pada air dapat diturunkan dengan metode pemanasan. Pemanasan menggunakan wadah periuk tanah liat yang mengandung batuan silica sebagai satu senyawa yang terkandung dalam zeolit dapat dijadikan pilihan. Salah satu media yang digunakan untuk menurunkan kesadahan yaitu dengan menggunakan media zeolit yang berasal dari mineral

Dikirim/submitted: 27 April 2021

Diterima/accepted: 4 Mei 2021

alumino silica yang terdehidrasi dengan kation alkali dan alkali tanah, dan memiliki struktur dalam tiga dimensi berongga yang tidak terbatas. Variasi perbandingan silica dan aluminium akan menghasilkan banyak jenis mineral zeolit yang terdapat di alam (Maran & Pare, 2019). Metode proses pengadukan dan adsorpsi dari zeolit juga telah dilakukan untuk menurunkan kesadahan terhadap air sumur warga sekitar Lumpur Lapindo (Lestari dan Ayu, 2017). Penurunan kesadahan juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif sehingga air tanah dapat digunakan sebagai air baku air minum yang lebih layak untuk dikonsumsi masyarakat (Qonita *et al.*, 2019).

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan tumbuhan yang tumbuh dan mengapung di permukaan air karena memiliki daun tebal yang menggelembung (Rorong dan Suryanto, 2010). Eceng gondok berkembang biak dengan sangat pesat sehingga dianggap sebagai tumbuhan yang dapat merusak lingkungan di perairan (Stefhany *et al.*, 2013). Permasalahan yang diakibatkan oleh pesatnya pertumbuhan eceng gondok, terdapat potensi yang perlu dimanfaatkan, salah satunya sebagai penyerap logam berat (Lahenda *et al.*, 2015). Adsorben yang berasal dari biomassa eceng gondok mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selain itu, adsorben yang berasal dari tanaman eceng gondok mempunyai beberapa gugus fungsi aktif seperti karboksil dan juga hidroksil untuk menjerap ion kalsium (Ca^{2+}). Tidak hanya gugus fungsi hidroksil (OH) dan karboksil (COOH) yang dimiliki eceng gondok, tetapi juga gugus fungsi lain seperti amina (NH_2) dan karbonil (COH) (Rakhmania *et al.*, 2017). Tanaman ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengurangi pencemaran kadar logam berat pada air yang tercemar Pb, Cd, Cu, Fe, Zn, dan Hg, karena eceng gondok merupakan tanaman yang tanaman dengan toleransi tinggi yang dapat tumbuh di dalam limbah dengan baik mampu tumbuh dengan cepat serta dapat mengakumulasi juga menyerap logam dalam waktu yang singkat dengan baik (Rahayu *et al.*, 2014).

Penelitian Nahrin (2016) menyatakan bahwa serbuk eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang telah diaktivasi menggunakan larutan NaOH 2% dapat mengadsorpsi logam timbal (Pb) yang berasal dari danau buatan Universitas Hasanuddin Makassar. Kondisi optimum penurunan logam timbal diperoleh menggunakan massa adsorben eceng gondok sebesar 800 mg dengan variasi waktu pengadukan selama 60 menit menjadi 7,403 ppm. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Miftahurrahmah *et al* (2017), adsorben serbuk eceng gondok teraktivasi NaOH mampu menurunkan ion logam merkuri sebesar 99,79%.

Pemanfaatan serbuk eceng gondok teraktivasi sebagai adsorben logam kadmium (Cd) dengan metode kantung celup dilakukan oleh Azhari *et al* (2017) dengan waktu kontak 30 menit adsorben mampu menjerap logam Cd sebesar 57,175 mg/L atau sebesar 56,441 % dengan konsentrasi larutan optimum 100 mg/L. Sedangkan Rakhmania, *et al* (2017), eceng gondok yang sudah diregenerasi menggunakan larutan HCl dan digunakan untuk adsorben dalam mengadsorpsi ion kalsium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kontak optimum yang didapat adalah 40 menit dengan konsentrasi HCl 3 M. Dan dengan waktu dan konsentrasi tersebut, adsorben eceng gondok mampu menjerap ion kalsium sebesar 38.733 mg Ca/gr adsorben.

Dalam penelitian lain oleh Tadjuka *et al* (2017), arang eceng gondok mampu menjerap fenol sebesar 4,07 mg/L atau dalam presentase sebesar 89,13% dengan berat arang eceng gondok yang dibutuhkan sebesar 20 mg. Sedangkan penelitian pada tahun 2019, Fitriani dan timnya (Fitriani *et al.*, 2019) adsorpsi optimum variasi massa terhadap zat warna *Remazol Golden Yellow* diperoleh pada massa adsorben 2,5 gram/100 mL dengan efisiensi adsorpsi 74,767 %.

Air sumur gali memiliki kualitas yang pada umumnya baik, akan tetapi banyak tergantung kepada sifat lapisan tanahnya. Air sumur gali dihasilkan dari lapisan tanah yang relatif dekat dengan permukaan tanah, sehingga air tersebut mudah terkontaminasi melalui rembesan polutan yang ada di permukaan tanah (Abidin dan Widarto, 2009).

Berdasarkan PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017 tentang baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air, bahwa air untuk kebutuhan higiene dan sanitasi berbeda kualitas dengan air yang digunakan untuk air minum. Kesadahan (CaCO_3) merupakan salah satu parameter kimia wajib air untuk keperluan higiene sanitasi. Dan jumlah kesadahan dalam air untuk kebutuhan higiene dan juga sanitasi yang diijinkan adalah sebesar 500 mg/L.

Konsumsi air sadah dengan jangka panjang dapat mengakibatkan gangguan kerusakan organ tubuh seperti organ ginjal. Gangguan tersebut terakumulasinya endapan CaCO_3 dan MgCO_3 . Dan apabila dikonsumsi oleh orang yang mempunyai fungsi ginjal yang kurang baik, akan berpotensi terjadinya batu ginjal (Bujawati *et al.*, 2014).

Air sumur di Komplek PJKA RT 01 / RW 01 Dusun Tanjungsari Lemah Abang Cikarang Utara mengandung kesadahan tinggi. Berdasarkan uji pendahuluan diperoleh hasil kadar kesadahan air rata-rata sebesar 560,5 mg/L. Hal ini menunjukkan kadar kesadahan air sumur

tidak memenuhi baku mutu, dimana kadar kesadahan air yang diijinkan adalah sebesar 500 mg/L.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian terkait penurunan kesadahan air sumur gali dengan metode aktivasi asam dan basa dengan adsorben serbuk eceng gondok dan mengemasnya dalam kantong celup. Kebaruan dari penelitian ini adalah membandingkan hasil antara penggunaan metode aktivasi asam dan basa dengan adsorben serbuk eceng gondok dengan pengemasan kantong celup untuk mempermudah pemisahan adsorben yang digunakan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kadar kesadahan sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 pada sampel air sumur gali dengan metode Titrimetri dengan acuan SNI 06-6989.12-2004.

2.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sumur gali kompleks PJKA, daun eceng gondok, HCl 37% MERCK *Pro Analyst*, aquadest, kantong celup, indikator mureksid *pro analyst*, indikator EBT, NH₄Cl, NH₄OH, MgEDTA, CaCO₃, indikator methyl red, Na₂EDTA, NaCl, NaOH 99% MERCK *Pro Analyst*, KCN dan kertas saring whatman.

2.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, ayakan 50 dan 100 *mesh*, lemari asam, oven, *tray dryer*, *chopper*, *shaker*, *stopwatch*, buret, labu erlenmeyer, labu ukur, gelas ukur, gelas piala, pipet volume, corong kaca, alat pengukur pH dan pengaduk gelas.

2.3 Tahapan Penelitian

2.3.3 Pengambilan Contoh Uji

Pengambilan contoh uji air sumur gali di daerah Komplek PJKA RT 01 / RW 01 Dusun Tanjungsari Lemah Abang Cikarang Utara. Pengambilan eceng gondok dari danau buatan di Perumahan Griya Kota Bekasi 2 Tambun Utara Kabupaten Bekasi.

2.3.4 Penyiapan Eceng Gondok

Bagian daun eceng gondok dibersihkan dengan cara dicuci. Kemudian daun yang sudah dibersihkan, dipotong ukuran kecil (kurang dari 1 cm²) kemudian dijemur di bawah terik matahari untuk mengurangi kadar air. Untuk mencapai berat kering konstan, daun eceng gondok yang sudah dijemur selanjutnya dikeringkan menggunakan *oven drier* dengan suhu 105±2 °C selama satu jam. Eceng gondok yang sudah mencapai bobot konstan, dihaluskan menggunakan *chopper* selanjutnya diayak dengan ayakan berukuran 50 *mesh*.

2.3.5 Aktivasi Eceng Gondok dengan HCl

Serbuk eceng gondok kering diaktivasi dengan menggunakan HCl dengan konsentrasi 3 M. Aktivasi dilakukan selama 2 jam dengan perbandingan massa serbuk eceng gondok dan larutan HCl sebesar 1 g : 20 mL. Setelah diaktivasi, seluruh serbuk eceng gondok dicuci dengan aquades hingga mencapai pH mendekati netral. Selanjutnya memisahkan antara residu dan filtratnya menggunakan kertas saring. Kemudian residu dari hasil filtrasi dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105±2 °C selama satu jam hingga dicapai bobot konstan.

2.3.6 Aktivasi Eceng Gondok dengan NaOH

Serbuk eceng gondok ditimbang 2 g dan dimasukkan dalam gelas piala yang selanjutnya diaktivasi menggunakan larutan NaOH 2% sebanyak 100 mL selama 24 jam. Selanjutnya memisahkan antara residu dengan filtratnya menggunakan kertas saring. Kemudian residu dari hasil filtrasi dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105±2 °C selama satu jam hingga dicapai bobot konstan.

2.3.7 Pengemasan dalam Kantong Celup

Serbuk eceng gondok kering yang sudah diaktivasi ditimbang dengan massa tertentu selanjutnya serbuk eceng gondok dikemas menggunakan kantong teh celup kosong.

2.3.8 Pengujian *Pre-Treatment*

Pengujian *pre-treatment* dilakukan dengan menguji kadar kesadahan total dalam air uji yang diambil dari sumur gali untuk menentukan konsentrasi kesadahan awal sebelum dilakukan pengolahan dengan serbuk eceng gondok teraktivasi.

2.3.9 Percobaan Dosis Optimum Eceng Gondok Teraktivasi

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui dosis serbuk eceng gondok yang paling optimum. Adsorben eceng gondok dengan aktivator asam klorida (HCl) dengan konsentrasi 3 M dan

natrium hidroksida (NaOH) 2% dimasukkan dalam kantong celup masing masing 0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g dan 0,5 g. Kemudian dilakukan pencelupan pada masing-masing 500 mL sampel sumur gali dengan waktu kontak 40 menit untuk aktivator HCl dan 60 menit untuk aktivator NaOH. Kemudian dilakukan pengujian kesadahan pada tiap sampel air tersebut. Dosis optimum merupakan jumlah minimal adsorben dengan hasil pengujian kesadahan yang paling kecil. Artinya dosis adsorben paling minimal namun mampu mengikat kesadahan paling maksimal.

2.10. Perhitungan

2.10.1. Perhitungan Kadar Kalsium dan Magnesium

Penentuan kadar kalsium dan magnesium di dalam air sampel , menggunakan metode SNI 06-6989.12-2004. Perhitungan kadar kalsium dan magnesium disajikan pada persamaan 1 dan persamaan 2 sebagai berikut (SNI 06-6989.12-2004, 2004) :

$$\text{Kadar kalsium (mg Ca/L)} = \frac{1000}{V_{\text{contoh uji}}} \times V_{\text{EDTA(b)}} \times M_{\text{EDTA}} \times 40 \quad (1)$$

$$\text{Kadar magnesium (mg Mg/L)} = \frac{1000}{V_{\text{contoh uji}}} \times [V_{\text{EDTA(a)}} - V_{\text{EDTA(b)}}] \times M_{\text{EDTA}} \times 24,3 \quad (2)$$

2.10.2. Perhitungan Kadar Kesadahan Total

Dalam menentukan kadar kesadahan total dalam air sampel, menggunakan metode APHA 2340B ed 23 – 2017. Dimana jumlah kadar kalsium dan magnesium dijumlahkan untuk mendapatkan kadar kesadahan total. Persamaan perhitungan kadar kesadahan total disajikan pada persamaan 3 sebagai berikut (APHA-2340 Hardness, 2017) :

$$\text{Kesadahan Total (CaCO}_3\text{)} = 2,497 [\text{Ca, mg/L}] + 4,118 [\text{Mg, mg/L}] \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kadar kesadahan yang terkandung pada sampling air sumur di Komplek PJKA RT 01 / RW 01 Dusun Tanjungsari Lemah Abang Cikarang Utara. Hasil uji pendahuluan yang dilakukan pada sampel air sumur Komplek PJKA disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Pendahuluan Kadar Kesadahan Pada Sampel Air Sumur Komplek PJKA

Kesadahan (CaCO ₃) mg/L		Rata-rata (mg/L)	Standar Baku Mutu (mg/L)
Pengujian pertama	Pengujian kedua		
561	560	560,5	500

Berdasarkan hasil uji pendahuluan yang dilakukan bahwa air sumur di Komplek PJKA RT 01 / RW 01 Dusun Tanjungsari Lemah Abang Cikarang Utara mengandung kesadahan rata-rata sebesar 560,5 mg/l. Hal ini menunjukkan kadar kesadahan air sumur di Komplek PJKA RT 01 / RW 01 Dusun Tanjungsari Lemah Abang Cikarang Utara telah melebihi ambang baku mutu PERMENKES Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017. Dimana kadar kesadahan yang diperbolehkan untuk media air dalam keperluan *higiene* sanitasi tidak lebih dari 500 mg/L.

3.2 Variasi Dosis Serbuk Gondok Teraktivasi HCl 3M Terhadap Penurunan Kesadahan Air

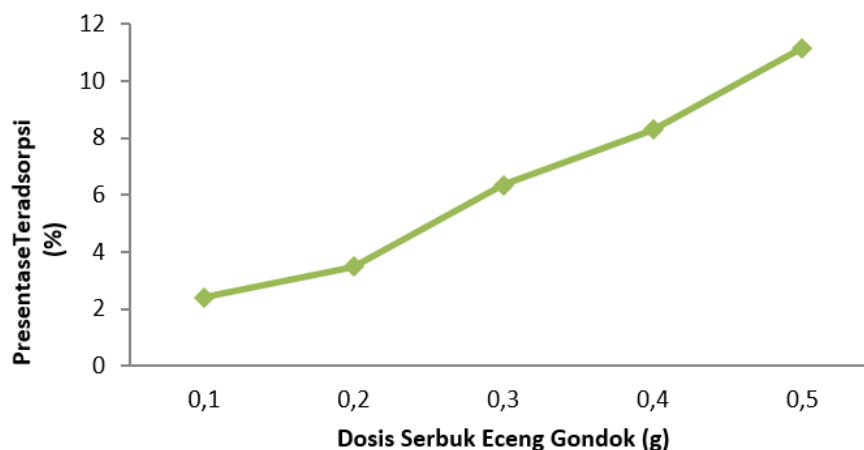
Pada tahapan ini, air sampel dikontakkan dengan serbuk eceng gondok teraktivasi HCl 3M yang telah dikemas dalam kantong celup menggunakan variasi dosis 0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g dan 0,5 g selama 40 menit. Hasil pengujian kesadahan sampel air sumur yang dikontakkan dengan eceng gondok teraktivasi dalam variasi dosis asam disajikan pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Kesadahan Pada Sampel Air dengan Serbuk Eceng Gondok Teraktivasi HCl 3 M dalam Variasi Dosis

No.	Dosis Serbuk Eceng Gondok (g)	Konsentrasi Awal (a) (mg/L)	Konsentrasi Sisa (b) (mg/L)	Konsentrasi Teradsorpsi (a-b) (mg/L)	Presentase Teradsorpsi (%)
1	0,1	560,5	547	13,5	2,41
2	0,2	560,5	541	19,5	3,48
3	0,3	560,5	525	35,5	6,33
4	0,4	560,5	514	46,5	8,30
5	0,5	560,5	498	62,5	11,15

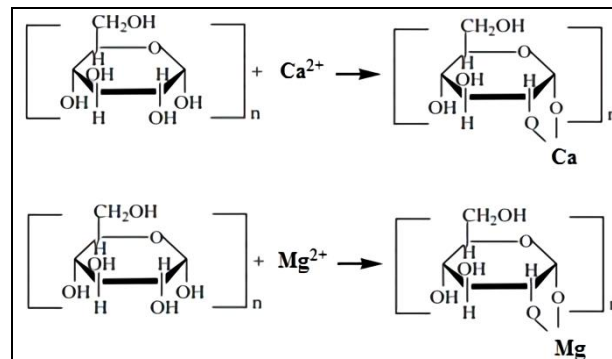
Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penyerapan kadar kesadahan terbaik terjadi pada dosis 0,5 g serbuk eceng gondok teraktivasi HCl 3 M dengan lama pengontakan selama 40 menit. Pada dosis tersebut, persen adsorpsi kesadahan sebesar 11,15% dengan nilai kesadahan teradsorpsi sebesar 62,5 mg/l dan nilai kesadahan menjadi 498 mg/L. Itu artinya sudah memenuhi syarat

baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan No.32 Tahun 2017 untuk kesadahan air yaitu sebesar 500 mg/l. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Rakhmania, *et al* (2017), bahwa adsorben dari biomassa eceng gondok memiliki gugus fungsi hidroksil (OH) dan karboksil (COOH) yang bertindak sebagai gugus fungsi aktif untuk mengadsorpsi ion kalsium. Mekanisme adsorpsi yang terjadi adalah pertukaran ion. Perlakuan aktivasi menggunakan HCl akan meningkatkan daya adsorpsi ion kalsium. Grafik Penurunan Kadar Kesadahan dengan Aktivator HCl 3 M disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Penurunan Kadar Kesadahan dengan Aktivator HCl 3 M

Dari Gambar 1 menunjukkan serbuk eceng gondok teraktivasi HCl 3 M dengan dosis 0,1 g dan dikontakkan selama 40 menit mampu menurunkan kadar keasidahan sebesar 13,5 mg/L atau 2,41%, pada dosis 0,2 sebesar 19,5 mg/L dengan persen teradsorpsi 3,48%, sedangkan pada dosis 0,3 g eceng gondok teraktivasi HCl 3 M mampu mengadsorpsi kesadahan sebesar 35,5 mg/L atau dengan persen adsorpsi sebesar 6,33%. Pada dosis 0,4 g, eceng gondok teraktivasi mampu menurunkan kesadahan sebesar 46,5 mg/L atau 8,30% dan pada dosis 0,5 g, eceng gondok teraktivasi 62,5 mg/L atau dengan persen teradsorpsi sebesar 11,15%. Hal ini menunjukkan dengan meningkatnya dosis serbuk eceng gondok teraktivasi HCl 3 M yang digunakan, semakin meningkat juga kadar kesadahan yang teradsorpsi. Hal ini dikarenakan semakin besar dosis serbuk eceng gondok, maka semakin banyak juga pori-pori yang bekerja dalam menyerap kesadahan dalam air (Nahrin, 2016). Persamaan reaksi antara adsorben eceng gondok teraktivasi dengan kesadahan disajikan dalam Gambar 2 (Azhari *et al.*, 2017).



Gambar 2. Raksi antara adsorben eceng gondok teraktivasi dengan kesadahan

Jadi dapat disimpulkan bahwa penyerapan optimum kadar kesadahan oleh eceng gondok teraktivasi HCl 3 M dengan massa 0,5 g dengan nilai adsorpsi sebesar 62,5 mg/L atau 11,15%.

3.3 Variasi Dosis Serbuk Eceng Gondok Teraktivasi NaOH 2% Terhadap Penurunan Kesadahan Air

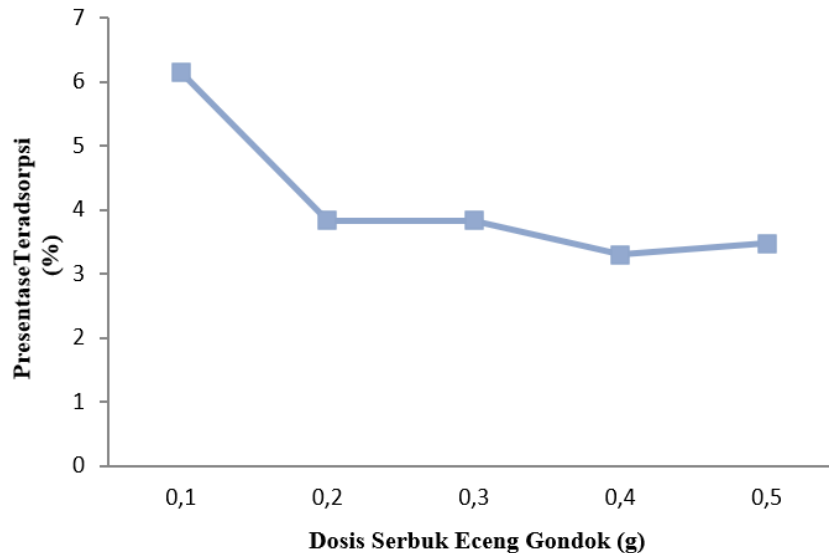
Pada tahapan ini, eceng gondok yang sudah diaktivasi menggunakan NaOH 2% selama 24 jam dikontakkan dengan sampel air selama 60 menit dalam variasi dosis 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5. Hasil uji sampel air sumur yang dikontakkan dengan eceng gondok teraktivasi dalam variasi dosis basa disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kesadahan Pada Sampel Air dengan Serbuk Eceng Gondok Teraktivasi NaOH 2% dalam Variasi Dosis

No.	Dosis Serbuk Eceng Gondok (g)	Konsentrasi Awal (a) (mg/L)	Konsentrasi Sisa (b) (mg/L)	Konsentrasi Teradsorpsi (a-b) (mg/L)	Presentase Teradsorpsi (%)
1	0,1	560,5	526	34,5	6,16
2	0,2	560,5	539	21,5	3,84
3	0,3	560,5	539	21,5	3,84
4	0,4	560,5	542	18,5	3,30
5	0,5	560,5	541	19,5	3,48

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa dosis optimum serbuk eceng gondok teraktivasi NaOH 2% adalah 0,1 g. Dimana adsorben dapat mengadsorpsi kesadahan sebesar 6,16% dengan nilai kesadahan teradsorpsi sebesar 34,5 mg/L dan kadar kesadahan menjadi 526 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk eceng gondok yang diaktivasi NaOH 2% selama 24 jam dan dikontakkan selama 60 menit dapat menurunkan kadar kesadahan air. Hal ini

sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nahrun, *et al* (2016) bahwa serbuk eceng gondok yang diaktivasi NaOH 2% selama 24 jam dengan waktu kontak 60 menit dapat menurunkan kadar ion logam. Grafik Penurunan Kadar Kesadahan dengan Aktivator NaOH 2% disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Penurunan Kadar Kesadahan dengan Aktivator NaOH 2%

Gambar 3 menunjukkan plot grafik daya adsorpsi pada variasi dosis 0,1; 0,2 g; 0,3; 0,4 dan 0,5 dengan aktivator NaOH 2% dan waktu kontak selama 60 menit. Dalam grafik menunjukkan bahwa pada dosis 0,1 g, adsorben mampu mengadsorpsi kesadahan sebesar 34,5 mg/L atau dengan persen adsorpsi sebesar 6,16% dan pada dosis 0,2 dan 0,3 g, adsorben sama-sama dapat mengadsorpsi kadar kesadahan sebesar 21,5 mg/L atau dengan persen adsorpsi sebesar 3,84%. Sedangkan pada dosis 0,4 g, adsorben dapat mengadsorpsi kadar kesadahan sebesar 18,5 mg/L atau dengan persen adsorpsi sebesar 3,30% dan pada dosis 0,5 g, adsorben dapat mengadsorpsi kadar kesadahan sebesar 19,5 mg/L atau dengan persen adsorpsi sebesar 3,48%. Pada massa 0,2 g sampai dengan 0,4 g, kinerja adsorben cenderung menurun dan pada dosis 0,5 g kembali naik, tetapi tidak terlalu signifikan hanya 0,18%. Hal tersebut dikarenakan kinerja gugus fungsi hidroksil dan karboksil yang memiliki fungsi sebagai gugus fungsi aktif untuk penjerap kesadahan mulai jenuh oleh ion kalsium dan magnesium.

Hal ini sesuai dengan penelitian Azhari, *et al* (2017) yang menyatakan bahwa sedikit menurunnya penyerapan oleh adsorben dapat menunjukkan bahwa kinerja senyawa atau gugus yang menjerap ion logam sudah mulai menurun yang disebabkan oleh jenuhnya permukaan pada adsorben oleh ion logam yang terjerap.. Jadi dapat dikatakan bahwa

konsentrasi optimum kadar kesadahan yang terserap oleh adsorben eceng gondok teraktivasi NaOH 2% yaitu pada massa 0,1 g dengan nilai adsorpsi sebesar 34,5 mg/L atau 6,16%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian terhadap kesadahan air sumur ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa dosis optimum eceng gondok teraktivasi asam klorida (HCl) untuk menurunkan kesadahan pada air sumur gali adalah sebesar 0,5 g sedangkan dosis optimum eceng gondok teraktivasi natrium hidroksida (NaOH) untuk menurunkan kesadahan pada air sumur gali adalah sebesar 0,1 g. Untuk nilai efektifitas eceng gondok teraktivasi asam klorida (HCl) yang dikemas dalam kantong celup untuk menyerap kesadahan air sumur gali dengan tingkat penurunan sebesar 11,15% sedangkan nilai efektifitas eceng gondok teraktivasi natrium hidroksida (NaOH) yang dikemas dalam kantong celup untuk menyerap kesadahan air sumur gali dengan tingkat penurunan sebesar 6,16%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., dan Widarto, D. (2009). Analisis Kandungan Brom (Br) pada Air Sumur Gali di Desa Klampok Kabupaten Brebes Jawa Tengah dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir*, 723–730.
- APHA-2340: Hardness. (2017). *Standart Methods For the Examination of Water and Wastewater*.
- Azhari, M. R., Saleh, C., dan Yusuf, B. (2017). Pemanfaatan Serbuk Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Teraktivasi dengan Sistem Kantong Celup sebagai Adsorben Penjerap Ion Logam Kadmium (Cd). *Jurnal Atomik*, 02(2), 197–203.
- Bujawati, E., Rusmin, M., dan Basri, S. (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.
- Fitriani, I. N., Puspitasari, A. R., dan Amelia, R. N. (2019). Dekolorisasi Senyawa Azo Limbah Remazol Golden Yellow oleh Bioadsorben Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). *Journal of Chemistry*, 2(2), 40–46.
- Lahenda, S. S., Ellyke, dan Khoiron. (2015). Pemanfaatan Eceng Gondok Terhadap Penurunan Kadar Merkuri (Hg) Limbah Cair pada Pertambangan Emas Tanpa Izin (PETI). *Jurnal Pustaka Kesehatan*, 3 (2), 356–361.
- Lestari dan Ayu, D. (2014). Penurunan Kesadahan Air Sumur di sekitar Lumpur Lapindo Dengan Menggunakan Zeolit. *Jurnal Teknik Kimia*. 8 (2) .
- Maran A.A. dan Pare, B.N. (2019). Penurunan Kesadahan Pada Air Sumur Gali Melalui

- Proses Pemanasan Menggunakan Wadah Periuik Tanah. *Oehonis : The Journal of Environmental Health Research*, 3(1), 153-157.
- Miftahurrahmah, Suhendrayatna, dan Zaki, M. (2017). Penyisihan Ion Logam Merkuri (Hg^{2+}) Menggunakan Adsorben Berbahan Baku Limbah Pertanian dan Gulma Tanaman. *Jurnal Teknik Kimia*, 6(1), 7-11.
- Nahrin, S. (2016). Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Logam Timbal (Pb) dari Danau Buatan Universitas Hasanuddin Makassar. *Tugas Akhir*. Makassar : Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Permenkes. (2017). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum.
- Qonita, HN., Izah, M., Harahap, NAB., dan Pakpahan, IS. (2019). Pengurangan Kesadahan Ca dan Mg dengan karbon aktif dan pengaruhnya terhadap kelayakan pada air tanah di Dusun Sambirejo, Kelurahan Talakbroto, Kecamatan Simo, Kabupaten Boyolali. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-12*. Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Rahayu, S. T., Faradilla, M., Verawati, E. Y., dan Triana, M. (2014). Respon Bioakumulator Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Terhadap Logam Berat Pb dan Cd di Sungai Pegangsaan Dua. *Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 1(1), 9–15.
- Rakhmania, C. D., Khaeronnisa, I., Ismuyanto, B., Juliananda, dan Himma, N. F. (2017). Adsorpsi ion kalsium menggunakan biomassa eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) diregenerasi HCl. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 1 (1), 16–24.
- Rorong, J. A., & Suryanto, E. (2010). Analisis Fitokimia Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dan Efeknya Sebagai Agen Photoreduksi Fe^{3+} . *Chemistry Progress*, 3(1), 33–41.
- SNI 06-6989.12-2004. (2004). *Air dan Air Limbah – Bagian 12: Cara Uji Kesadahan Total Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dengan Metode Titrimetri*.
- Stefhany, C. A., Sutisna, M., & Pharmawati, K. (2013). Fitoremediasi Fospat dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry). *Jurnal Reka Lingkungan*, 1(1), 13–23.
- Tudjuka, M. D., Walanda, D. K., & Hamzah, B. (2017). Arang Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) sebagai Adsorben Fenol pada Limbah PLTU Palu. *Jurnal Akademia Kimia*, 6 (2), 119–124.

STRATEGI PENGEMBANGAN SISTEM PENGELOLAAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI WILAYAH PELAYANAN IPAL REGIONAL LAGADAR

Salma Savira Siddik¹⁾, Mohamad Rangga Sururi¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional, Bandung

E-mail: rangga@itenas.ac.id

Abstrak

Pengembangan sistem pengelolaan air limbah domestik harus didasarkan pada strategi yang tepat. Perencanaan sistem pengelolaan air limbah domestik terdiri dari 7 kecamatan yaitu Kecamatan Bandung Kulon, Babakan Ciparay, Bojongloa Kidul, Dayeuhkolot, Margahayu, Margaasih, dan Cimahi Selatan. Wilayah tersebut ditetapkan sebagai kota inti pengembangan wilayah metropolitan Bandung Raya. Berdasarkan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMD) 2020- 2024, akan dilakukan peningkatan akses sanitasi yang layak dengan upaya peningkatan sistem pengelolaan air limbah domestik (SPALD) terpusat di Metropolitan Bandung Raya. Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan strategi pengembangan sistem pengelolaan air limbah domestik di wilayah perencanaan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis SWOT kuantitatif yang mengacu pada pedoman penyusunan rencana induk sistem pengelolaan air limbah dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Hasil penelitian menunjukkan, terdapat dua strategi pengelolaan air limbah domestik di wilayah perencanaan yaitu strategi selektif dan strategi agresif. Strategi selektif adalah mengembangkan sistem terpusat namun tetap mengoptimalkan sistem setempat yang sudah ada, digunakan pada wilayah yang termasuk kuadran II yaitu Kecamatan Margaasih. Strategi agresif dilakukan dengan mengembangkan sistem terpusat skala kota secara bertahap, digunakan pada wilayah yang termasuk kuadran III yaitu Kecamatan Bandung Kulon, Babakan Ciparay, Bojongloa Kidul, Dayeuhkolot, Margahayu, dan Cimahi Selatan.

Kata Kunci: Air Limbah Domestik, Analisis SWOT Kuantitatif, Kuadran, Strategi

Abstract

Domestic management system development should be based on the right strategy. Planning of domestic management system consists of 7 district Bandung Kulon, Babakan Ciparay, Bojongloa Kidul, Dayeuhkolot, Margahayu, Margaasih, and Cimahi Selatan. The area was designated as the core city for development of Metropolitan Bandung Raya. Based on Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMD) 2020-2024, there will be increasing access to decent sanitation by efforts to improve domestic wastewater management, offsite systems in Metropolitan Bandung Raya. The purpose of this research was to determined the strategy domestic wastewater management in the planning area. This research was conducted by using the method of analysis SWOT quantitative referring to master plan waste water treatment system from Kementerian Pekerjaan Umum and Perumahan Rakyat. The research results show there are two strategy domestic wastewater management in the planning area, selective strategy and aggressive strategy. The selective strategy is to develop an offsite system but still optimize existing onsite system, system used in the area including quadrant II is Kecamatan Margaasih. The aggressive strategy by gradually develop city-scale offsite system, system used in the area including quadrant III are Kecamatan Bandung Kulon, Babakan Ciparay, Bojongloa Kidul, Dayeuhkolot, Margahayu, dan Cimahi Selatan.

Keywords: Analysis SWOT Quantitative, Domestic WasteWater, Quadrant, Strategy

Dikirim/submitted: 29 April 2021

Diterima/accepted: 20 Juni 2021

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk meningkat seiring dengan meningkatnya kepadatan penduduk dan kebutuhan air bersih. Peningkatan kebutuhan air bersih mengakibatkan tingginya jumlah air limbah yang dihasilkan. Jika tidak dikelola dengan baik, air limbah tersebut dapat menurunkan kualitas badan air, bahkan sumber air baku air minum (Sururi *et al.*, 2019). Sebagai konsekuensi dari turunnya kualitas badan air yaitu menyulitkan proses pengolahan air minum (Sururi *et al.*, 2020).

Dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024, akan dilakukan peningkatan akses sanitasi yang layak dengan upaya peningkatan sistem pengelolaan air limbah domestik (SPALD) terpusat di Metropolitan Bandung Raya dan sehubungan dengan target ke 7 *Millenium Development Goals* (MDGs) yaitu “Jaminan keberlanjutan atau kelangsungan lingkungan hidup (*Ensure Environmental Sustainability*)”.

Dinas Perumahan dan Permukiman Provinsi Jawa Barat akan merencanakan sistem pengelolaan air limbah secara terpusat. Salah satunya yaitu membangun IPAL Regional Lagadar. Wilayah Pelayanan IPAL Regional Lagadar ditetapkan sebagai Kota Inti pengembangan wilayah Metropolitan Bandung Raya. Wilayah pelayanan IPAL Regional Lagadar direncanakan melayani 7 kecamatan yaitu Kota Bandung (Kecamatan Bandung Kulon, Kecamatan Babakan Ciparay dan Kecamatan Bojongloa Kidul), Kota Cimahi (Kecamatan Cimahi Selatan), Kabupaten Bandung (Kecamatan Dayeuhkolot, Kecamatan Margahayu, dan Kecamatan Margaasih) (Dinas Perumahan dan Permukiman Provinsi Jawa Barat, 2016). Wilayah tersebut akan menjadi lingkup analisis SWOT kuantitatif.

Berdasarkan kondisi eksisting, dimana pengelolaan air limbah masih menggunakan sistem *onsite* dan sistem *offsite* yang belum berfungsi optimal. Terdapat beberapa kondisi lain seperti tingginya kepadatan penduduk dan meningkatnya jumlah penyakit bawaan air (*waterborne diseases*) dimana prevalensi penyakit diare sebesar 4.715,82 penduduk (Dinas Perumahan dan Permukiman Provinsi Jawa Barat, 2016).

Berdasarkan uraian tersebut, perlu dilakukan penentuan strategi pengembangan sistem pengelolaan air limbah domestik di wilayah perencanaan guna mengurangi pencemaran lingkungan dan potensi penyakit bawaan air. Maksud penelitian ini yaitu melakukan deliniasi

catchment pelayanan dan melakukan analisis SWOT kuantitatif di wilayah perencanaan. Tujuannya yaitu menentukan strategi pengembangan sistem pengelolaan air limbah domestik di wilayah perencanaan. Penelitian ini merupakan penelitian awal atau baru, dimana wilayah regional masih sangat jarang dilakukan dengan wilayah yang memiliki karakteristik berbeda-beda diantara kabupaten/kota.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian terdiri dari studi literatur, pengumpulan data sekunder, deliniasi *catchment* pelayanan serta analisis SWOT kuantitatif. Studi literatur berupa peninjauan literatur-literatur yang berkaitan dalam penentuan strategi pengembangan sistem pengelolaan air limbah domestik. Literatur yang digunakan dapat berupa jurnal, buku, peraturan dan lain sebagainya. Pengumpulan data dibutuhkan dalam penelitian ini. Uraian data sekunder yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Peneliti juga melakukan observasi berupa dokumentasi mengenai kondisi eksisting wilayah perencanaan.

Tabel 1. Uraian Data Sekunder

No.	Data	Sumber
1.	Kepadatan Penduduk	BPS Kecamatan Bandung Kulon, Babakan Ciparay, Bojongloa Kidul, Dayeuhkolot, Margahayu, Margaasih, dan Cimahi Selatan
2.	Resiko Sanitasi, Permeabilitas Tanah, dan Kedalaman Muka Air Tanah	Dinas Perumahan dan Permukiman Provinsi Jawa Barat
3.	Akses Air Minum	- Dinas Kesehatan Kota Bandung - DIKPLHD Kabupaten Bandung - Profil Kesehatan kota Cimahi
4.	Kawasan Kumuh	- SK Kumuh Kota Bandung - SK Kabupaten Bandung - SK Kota Cimahi
5.	Topografi	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Jawa Barat
6.	Kelembagaan	- SK Kota Bandung - SK Kabupaten Bandung - SK Kota Cimahi
7.	Kemampuan Pembiayaan	- RPJMD Kota Bandung Tahun 2018-2023 - RPJMD Kabupaten Bandung Tahun 2016-2021 - RPJMD Kota Cimahi Tahun 2017-2022
8.	Tingkat Pendidikan	Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Provinsi Jawa Barat

(Sumber: Hasil Analisa, 2020)

Deliniasi *catchment* pelayanan dilakukan menggunakan *software* arcgis dan menggunakan data dasar DEM (*Digital Elevation Model*). dimana dilakukan pembatasan wilayah

berdasarkan *catchment* area. *Catchment* area (Daya tanggapan air) yaitu suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung berdasarkan topografi yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan ke laut melalui sungai utama (Azwarman, A., 2020). Deliniasi *catchment* pelayanan dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa pada wilayah perencanaan hanya terdapat satu *catchment* area.

2.1 Analisis SWOT Kuantitatif

Analisis SWOT yaitu menganalisa kondisi internal dan eksternal yang digunakan dalam merancang strategi dan program kerja pada suatu organisasi. Analisis internal terdiri dari penilaian terhadap faktor kekuatan (*strength*) dan kelemahan (*weakness*). Sedangkan analisis eksternal terdiri dari penilaian terhadap faktor peluang (*opportunity*) dan tantangan (*threat*) (Wicaksono, 2017). Tahapan dalam menganalisis SWOT kuantitatif yaitu penentuan parameter penting skoring, kemudian analisis faktor internal dan eksternal dengan metode skoring, lalu hasil skoring akan diplot pada matrik untuk menentukan posisi kuadran. Penentuan parameter penting dilakukan untuk mempermudah dalam menganalisis SWOT kuantitatif. Pada penentuan parameter, klasifikasi skoring dibagi menjadi 4 kelompok skor yaitu skor 1, 2, 3 dan 4. Klasifikasi skoring tersebut berdasarkan pada skor EHRA resiko sanitasi yang terbagi menjadi 4 skor. Sehingga semua parameter akan dikelompokkan menjadi 4 kelompok skor, dimana nilai skor tersebut akan dikalkulasikan pada analisis faktor internal dan eksternal. Hasil analisis terhadap nilai skor untuk setiap parameter skoring yaitu sebagai berikut .

A. Kepadatan Penduduk

Penentuan skoring untuk kepadatan penduduk mengacu pada direktorat jendral bina konstruksi dan PerMenPR No. 32 Tahun 2006. Skoring parameter kepadatan penduduk dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Skoring Parameter Kepadatan Penduduk

Parameter	Skor
Kepadatan Penduduk <50 jiwa/Ha	1
Kepadatan Penduduk 50-150 Jiwa/Ha	2
Kepadatan Penduduk 150-250 jiwa/Ha	3
Kepadatan Penduduk >250 jiwa/Ha	4

B. Resiko Sanitasi

Penentuan skoring untuk resiko sanitasi berdasarkan pada skor EHRA. Kategori resiko sanitasi air limbah di wilayah perencanaan bervariasi dari beresiko rendah hingga sangat tinggi. Skoring parameter resiko sanitasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Skoring Parameter Resiko Sanitasi

Parameter	Skor
Beresiko Rendah (Skor EHRA 1)	1
Beresiko Sedang (Skor EHRA 2)	2
Beresiko Tinggi (Skor EHRA 3)	3
Beresiko Sangat Tinggi (Skor EHRA 4)	4

C. Akses Air Minum

Penentuan skoring untuk akses air minum dari presentase sebesar <71,05% hingga 100%. Presentase akses air minum 100% sehubungan dengan target RPJMN 2020-2024 yaitu 100% hunian memiliki akses air minum layak termasuk 15% aman dengan 30% hunian memiliki akses air minum perpipaan. Skoring parameter akses air minum dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Skoring Parameter Akses Air Minum

Parameter	Skor
Akses air minum <71,05-72,03%	1
Akses air minum 72,04-77,99%	2
Akses air minum 78-99%	3
Akses air minum 100%	4

D. Kawasan Kumuh

Penentuan skoring untuk kawasan kumuh mengacu pada SK Kumuh Kota Bandung, Kabupaten Bandung, dan Kota Cimahi dengan kategori kumuh rendah hingga tinggi. Skoring parameter kawasan kumuh dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Skoring Parameter Kawasan Kumuh

Parameter	Skor
Bebas Kawasan Kumuh	1
Kumuh Rendah	2
Kumuh Sedang	3
Kumuh Tinggi	4

E. Topografi

Penentuan skoring parameter topografi berdasarkan kemiringan lereng, dimana peta kontur di wilayah perencanaan diolah terlebih dahulu menggunakan *software arcgis* untuk mengetahui kemiringan lereng di wilayah perencanaan. Skoring parameter kawasan kumuh dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Skoring Parameter Topografi

Parameter	Skor
Kemiringan Lereng 0-2%	1
Kemiringan Lereng 2-8%	2
Kemiringan Lereng 8-15%	3
Kemiringan Lereng 15-25%	4

F. Permeabilitas Tanah

Penentuan skoring untuk permeabilitas tanah mengacu pada klasifikasi menurut uhland dan o'neil. Permeabilitas tanah tergantung berdasarkan jenis tanah dan bantuan yang memiliki nilai permeabilitas 10^{-1} - 10^{-5} cm/dtk. Skoring parameter permeabilitas tanah dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Skoring Parameter Permeabilitas Tanah

Parameter	Skor
Permeabilitas Cepat	1
Permeabilitas Agak Cepat	2
Permeabilitas Sedang	3
Permeabilitas Lambat	4

G. Kedalaman Muka Air Tanah

Penentuan skoring untuk kepadatan penduduk mengacu pada direktorat tata lingkungan dan kawasan pertambangan. Skoring parameter kedalaman muka air tanah dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Skoring Parameter Kedalaman Muka Air Tanah

Parameter	Skor
Kedalaman muka air tanah 20-30 m	1
Kedalaman muka air tanah 10-20 m	2
Kedalaman muka air tanah 5-10 m	3
Kedalaman muka air tanah <5 m	4

H. Kelembagaan

Kelembagaan berperan penting dalam terpenuhinya sarana sanitasi masyarakat seperti pada tahap persiapan, operasional, pemeliharaan maupun monitoring atau memastikan sistem pengelolaan air limbah beroperasi dengan baik. Skoring parameter kelembagaan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Skoring Parameter Kelembagaan

Parameter	Skor
Tidak ada instansi yang mengelola air limbah	1
Akan direncanakan adanya instansi yang mengelola air limbah	2
Adanya instansi yang mengelola air limbah	3
Adanya instansi yang mengelola air limbah dan UPTD khusus yang melaksanakan kegiatan teknis pengelolaan air limbah	4

I. Kemampuan Pembiayaan

Kemampuan pembiayaan berperan dalam memenuhi biaya pengoperasian dan pemeliharaan suatu sistem pengelolaan air limbah agar dapat berjalan dengan baik. Skoring parameter kemampuan pembiayaan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Skoring Parameter Kemampuan Pembiayaan

Parameter	Skor
Tidak ada anggaran untuk sistem pengelolaan air limbah	1
Akan direncanakan adanya anggaran untuk sistem pengelolaan air limbah	2
Adanya anggaran untuk sistem pengelolaan air limbah	3
Adanya anggaran untuk sistem pengelolaan air limbah dan sudah direncanakan anggaran untuk 5 tahun kedepan	4

J. Peraturan Daerah

Peraturan daerah berperan sebagai regulator yang mengatur sistem pengelolaan air limbah di suatu wilayah dalam meningkatkan kondisi sanitasi sehingga kondisi kesehatan masyarakat dan lingkungan sekitar akan menjadi baik. Skoring parameter peraturan daerah dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Skoring Parameter Peraturan Daerah

Parameter	Skor
Tidak ada peraturan daerah kota terkait pengelolaan air limbah domestik	1
Tidak ada peraturan daerah kota terkait pengelolaan air limbah domestik, namun mengacu pada peraturan menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat	2
Tidak ada peraturan daerah kota terkait pengelolaan air limbah domestik, namun mengacu pada peraturan daerah provinsi	3
Adanya peraturan daerah kota terkait pengelolaan air limbah domestik	4

K. Tingkat Pendidikan

Tingkat pendidikan berpengaruh pada kemampuan masyarakat dalam retribusi pengelolaan air limbah domestik. Skoring parameter peraturan daerah dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Skoring Parameter Tingkat Pendidikan

Parameter	Skor
Tidak/belum sekolah dan belum tamat SD	1
SD, SMP dan SMA	2
D1/D2 dan D3	3
S1, S2, dan S3	4

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum

Topografi di wilayah perencanaan beragam mulai dari dataran maupun berbukit. Topografi terendah berada di Kecamatan Dayeuhkolot yang memiliki ketinggian 662,5 meter diatas

permukaan laut yang sebagian besar berupa dataran, sedangkan topografi tertinggi berada di Kecamatan Cimahi Selatan, Kelurahan Cibeber yang memiliki ketinggian 750 meter di atas permukaan laut (BPS Kecamatan Cimahi Selatan, 2019).

Kepadatan penduduk di wilayah perencanaan bervariasi. Kepadatan penduduk di wilayah perencanaan tertinggi berada di Kecamatan Bandung Kulon sebesar 220,71 jiwa/Ha, Sedangkan kepadatan penduduk terendah berada di Kecamatan Margaasih sebesar 47,52 jiwa/Ha. Daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi akan lebih diprioritaskan menggunakan sistem pengelolaan air limbah dengan perpipaan. Dikarenakan potensi pencemaran air tanah di daerah tersebut akan lebih tinggi (sumber) Kepadatan penduduk di wilayah perencanaan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Kepadatan Penduduk di Wilayah Perencanaan Tahun 2018

Kecamatan	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Ha)*
Bandung Kulon	220,706
Babakan Ciparay	158,832
Bojongloa Kidul	159,367
Dayeuhkolot	119,507
Margahayu	175,856
Margaasih	47,522
Cimahi Selatan	211,933

Sumber: Badan Pusat Statistik 2019 setiap Kecamatan

Sumber air minum di wilayah perencanaan dibagi menjadi 2 yaitu sumber air minum bukan perpipaan yang terdiri dari sumur gali, sumur BOR, serta terminal air dan sumber air minum perpipaan yang terdiri dari mata air terlindung dan PDAM. Jumlah penduduk yang memiliki akses minum tertinggi terdapat di Kecamatan Margaasih yaitu 119.151 jiwa sebesar 83,08% terlayani air minum (Dokumen Informasi Kinerja Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Bandung, 2018). Jumlah penduduk yang memiliki akses air minum di wilayah perencanaan dapat dilihat pada Tabel 14.

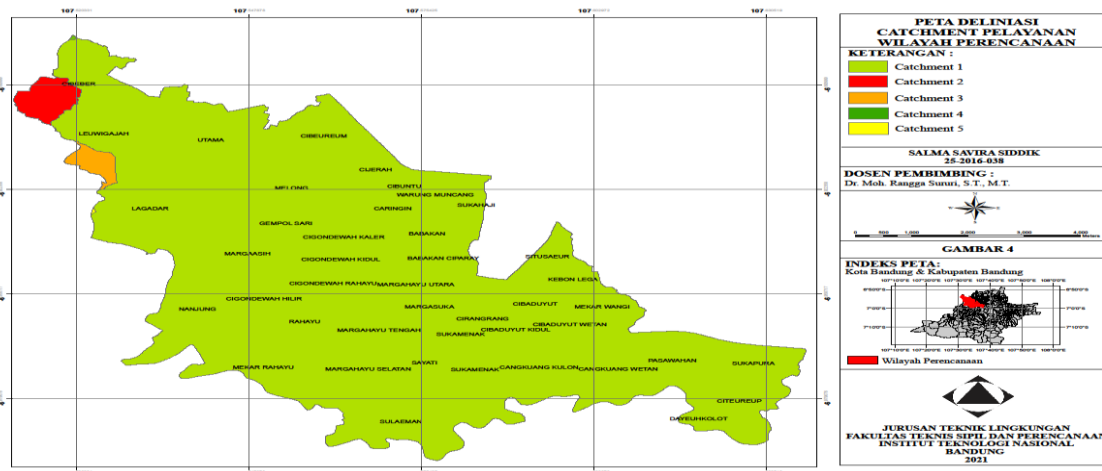
Tabel 14. Penduduk Yang Memiliki Akses Air Minum di Wilayah Perencanaan

Kecamatan	Penduduk yang Memiliki Akses Air Minum	
	Jumlah	%
Bandung Kulon ⁽¹⁾	93.316	70,78
Babakan Ciparay ⁽¹⁾	108.564	79,20
Bojongloa Kidul ⁽¹⁾	63.940	71,17
Dayeuhkolot ⁽²⁾	101.102	73,29
Margahayu ⁽²⁾	109.101	77,29
Margaasih ⁽²⁾	119.151	83,08
Cimahi Selatan ⁽³⁾	188.200	75,37

Sumber: (1) Dinas Kesehatan Kota Bandung, 2018
 (2) DIKPLHD Kabupaten Bandung, 2018
 (3) Profil Kesehatan Kota Cimahi, 2017

3.2 Deliniasi *Catchment* Pelayanan

Deliniasi *catchment* pelayanan dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu *fill DEM* (mengisi sink), *flow direction* (arah aliran permukaan), *flow accumulation* (pola aliran sungai), *Stream Order* (ordo sungai), *stream to features* (konversi *stream order* menjadi *features* berupa *polygon*), hingga mendapatkan basin atau *catchment* pelayanan. Setelah dilakukan deliniasi *catchment* pelayanan didapatkan 5 kelompok *catchment* yang terdiri dari *catchment 1*, *catchment 2*, *catchment 3*, *catchment 4*, dan *catchment 5*. Hasil deliniasi *catchment* pelayanan dapat dilihat pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Peta *Catchment* Pelayanan di Wilayah Perencanaan

(Sumber: Hasil Analisa, 2020)

Berdasarkan peta deliniasi *catchment* pelayanan terdapat satu *catchment* terluas yaitu *catchment 1*. *Catchment* tersebut akan menjadi lingkup dari analisis SWOT kuantitatif, karena

pada analisis hanya akan berfokus pada satu *cathment* terluas. Sehingga Kelurahan Cibeber, Leuwigajah, dan Lagadar tidak akan masuk dalam lingkup analisis SWOT kuantitatif.

3.3 Analisis Faktor Internal dan Eksternal

Analisis faktor internal dilakukan dengan mengidentifikasi kelemahan dan kekuatan yang ada di wilayah perencanaan. Sedangkan analisis faktor eksternal dilakukan dengan mengidentifikasi peluang dan ancaman yang akan mempengaruhi sistem pengelolaan air limbah domestik kedepannya. Analisis faktor internal dan eksternal dibuat dalam bentuk tabel dengan metode skoring. Analisis faktor internal dan eksternal dilakukan berdasarkan masing-masing kecamatan di wilayah perencanaan. Analisis faktor internal dan eksternal di Kecamatan Bandung Kulon dapat dilihat pada Tabel 15. Hasil analisis faktor internal dan eksternal masing-masing kecamatan dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 15. Analisis Faktor Internal dan Eksternal Kecamatan Bandung Kulon

No	Parameter	Skor
Kekuatan		
1.	Memiliki kepadatan penduduk 220,706 jiwa/Ha	3
2.	Termasuk resiko sanitasi beresiko sangat tinggi	4
3.	Termasuk kawasan kumuh sedang	3
4.	Memiliki kedalaman muka air tanah 2-3 m	4
Jumlah nilai kekuatan (<i>Strength</i>)		14
Kelemahan		
1.	Memiliki akses air minum sebesar 70,78%	1
2.	Memiliki kemiringan lereng 0-2 %	1
3.	Memiliki permeabilitas tanah 10^{-3} - 10^{-7} m/dtk	1
Jumlah nilai kelemahan (<i>Weakness</i>)		3
Selisih nilai kekuatan-kelemahan		11
Peluang		
1.	Adanya anggaran untuk sistem pengelolaan air limbah dan sudah direncanakan anggaran untuk 5 tahun kedepan	4
2.	Adanya instansi yang mengelola air limbah	3
Jumlah nilai peluang (<i>Opportunities</i>)		7
Ancaman		
1.	Tidak ada peraturan daerah kota terkait pengelolaan air limbah domestik, namun mengacu pada peraturan menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat	2
2.	Pendidikan terakhir paling banyak yaitu SMA	2
Jumlah nilai ancaman (<i>Threats</i>)		4
Selisih nilai peluang-ancaman		3

(Sumber: Hasil Analisis, 2020)

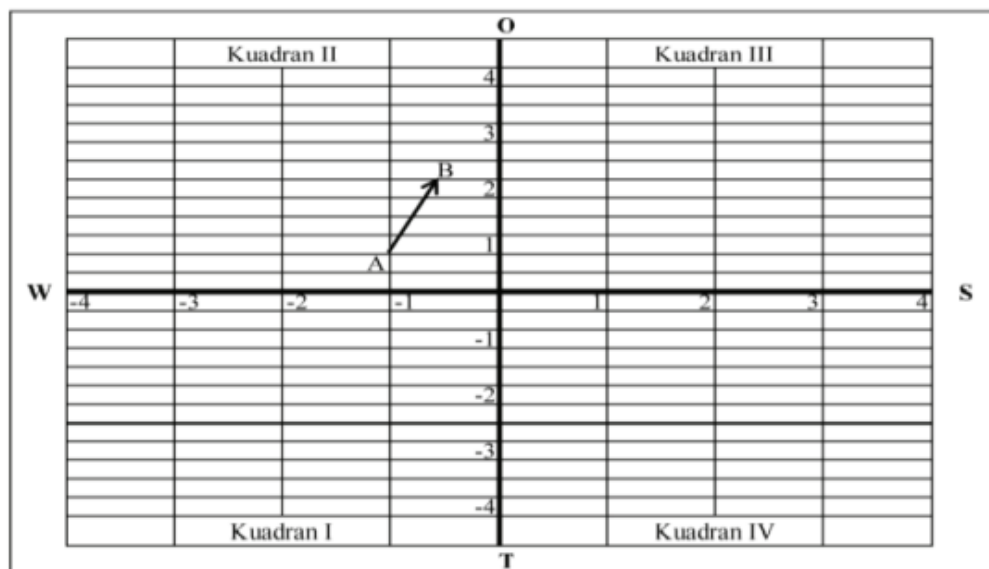
Tabel 16. Hasil analisis faktor internal dan eksternal masing-masing kecamatan

No.	Kecamatan	Selisih kekuatan dan kelemahan	Selisih peluang dan ancaman
1.	Babakan Ciparay	9	3
2.	Bojongloa Kidul	12	3
3.	Dayeuhkolot	5	4
4.	Margahayu	5	4
5.	Margaasih	-1	4
6.	Cimahi Selatan	10	10

(Sumber: Hasil Analisis, 2020)

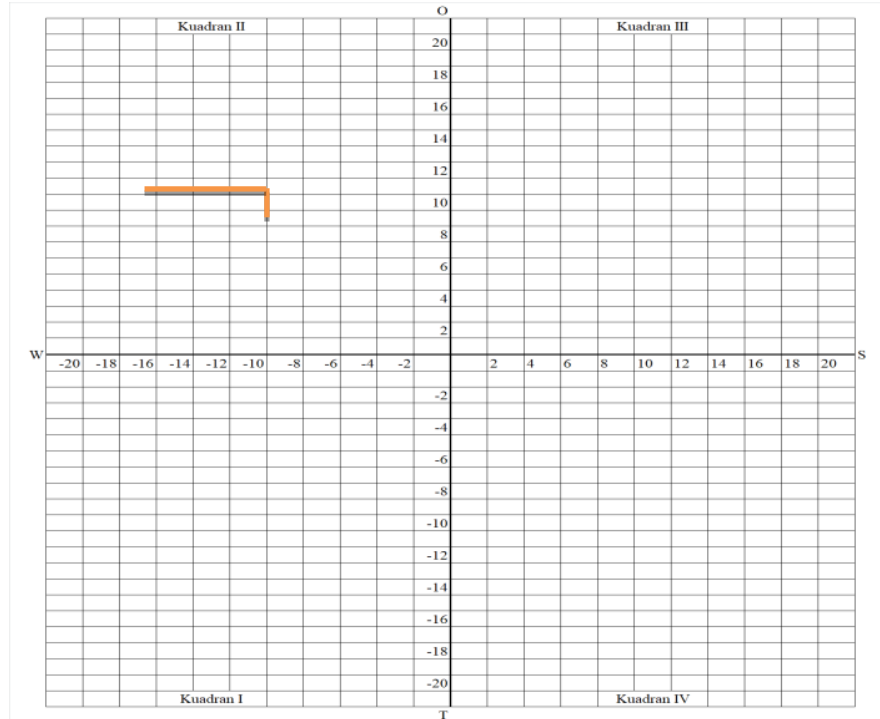
3.4 Penentuan Posisi Kuadran

Penentuan posisi kuadran pengelolaan air limbah berdasarkan hasil selisih faktor internal dan eksternal sebagai koordinat sumbu x dan y. Hasil analisis faktor internal dan eksternal di plot pada matrik SWOT. Matrik SWOT terdapat pada Gambar 2.

**Gambar 2.** Matrik SWOT

(Sumber: RISPAL, 2016)

Penentuan posisi kuadran dilakukan berdasarkan masing-masing kecamatan di wilayah perencanaan. Berdasarkan hasil analisis faktor internal dan eksternal menunjukkan selisih faktor kekuatan dan kelemahan bernilai 11 maka sumbu x berada pada garis kekuatan (+), Sedangkan selisih peluang dan ancaman bernilai 3 maka sumbu y berada pada garis peluang (+). Posisi kuadran pengelolaan air limbah di Kecamatan Bandung Kulon pada Gambar 3.

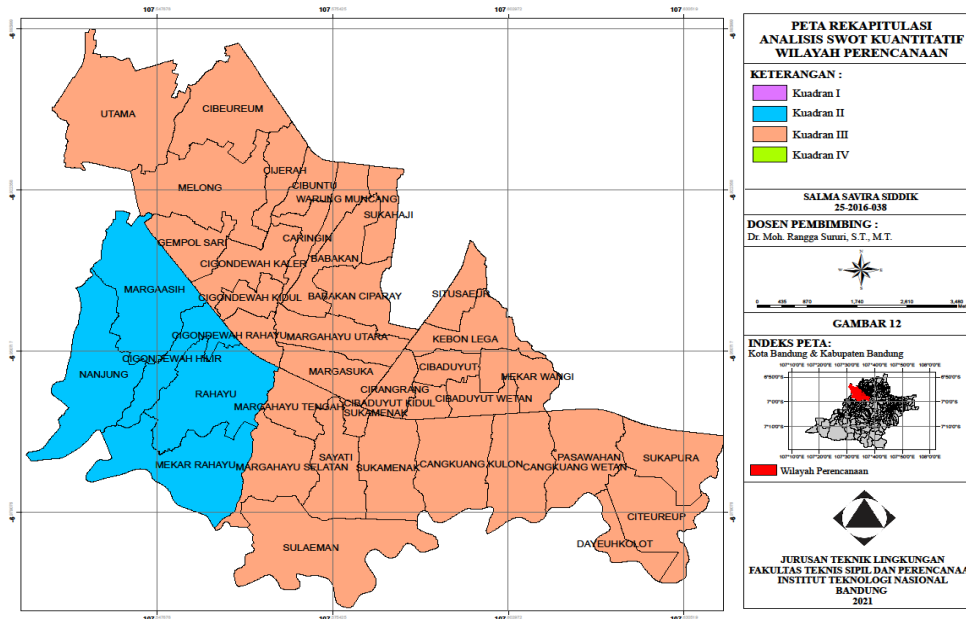


Gambar 3. Posisi Kudaran Kecamatan Bandung Kulon

(Sumber: Hasil Analisa, 2020)

Posisi kuadran pengelolaan air limbah di Kecamatan Bandung Kulon berada di kuadran III. Posisi ini menunjukkan pengelolaan air limbah sudah kuat dan sangat berpotensi untuk dikembangkan. Sehingga strategi yang digunakan yaitu strategi agresif dengan mengembangkan sistem terpusat skala kota yang ditingkatkan secara bertahap (Pedoman RISPAL, 2016). Kecamatan Babakan Ciparay, Bojongloa Kidul, Margahayu, dan Cimahi Selatan juga berada di kuadran III.

Kecamatan Margaasih berada di kuadran II, hal ini dikarenakan selisih faktor kekuatan dan kelemahan bernilai -1 sehingga sumbu x berada pada garis kelemahan (-). Sedangkan selisih peluang dan ancaman bernilai 4 sehingga sumbu y berada pada garis peluang (+). Posisi Kuadran II menunjukkan pengelolaan air limbah berpotensi untuk dikembangkan walaupun kondisinya masih lemah. Sehingga strategi yang digunakan yaitu strategi selektif dengan mengembangkan sistem terpusat namun tetap mengoptimalkan sistem setempat yang sudah ada. Pada strategi ini adanya perubahan sistem setempat menjadi terpusat (Pedoman RISPAL, 2016). Berdasarkan hasil penentuan posisi kuadran pada masing-masing kecamatan, maka dilakukan pemetaan rekapitulasi hasil analisis SWOT kuantitatif pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Rekapitulasi Analisis SWOT Kuantitatif di Wilayah Perencanaan
(Sumber: Hasil Analisa, 2020)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis SWOT, Posisi kuadran di wilayah perencanaan yaitu kuadran II untuk Kecamatan Margaasih dan kudran III untuk Kecamatan Bandung Kulon, Babakan Ciparay Bojongloa Kidul, Dayeuhkolot, Margahayu, dan Cimahi Selatan. Strategi yang digunakan pada kuadran II yaitu strategi selektif dengan mengembangkan sistem terpusat, namun tetap mengoptimalkan sistem setempat yang sudah ada. Sistem terpusat yang digunakan yaitu skala kawasan. Sedangkan strategi yang digunakan pada kuadran III yaitu strategi agresif dengan mengembangkan sistem terpusat skala kota yang ditingkatkan secara bertahap.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwarman, A. (2020). Kajian Kapasitas Tampung Penyimpanan Air di Catchment Area Danau Sipin. *Jurnal Civronlit Unbari*, 5(1) : 1-8.
- Badan Perencanaan Daerah Kota. (2015). Penyusunan Pemutakhiran Strategi Sanitasi Kota Bandung. Kota Bandung.
- Badan Perencanaan Daerah Kota. (2016). Penyusunan Strategi Sanitasi Kabupaten Bandung 2016-2020. Kabupaten Bandung.
- Dinas Perumahan dan Permukiman Provinsi Jawa Barat. (2016). Laporan Akhir Review

- Rencana Induk Air Limbah Domestik Perkotaan di Metropolitan Bandung Raya. Dokumen Informasi Kinerja Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Bandung. (2018). Buku II Laporan Utama Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Bandung Tahun 2018.
- Kecamatan Cimahi Selatan Dalam Angka. (2019). BPS Kecamatan Cimahi Selatan, Kota Cimahi.
- Pedoman Penyusunan Rencana Induk Sistem Pengelolaan Air Limbah. (2016). Tahapan Penyusunan Rencana Induk Sistem Pengelolaan Air Limbah Bagian A.
- Peraturan Daerah Kabupaten Bandung No. 27 Tahun 2016 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bandung Tahun 2016-2036.
- Peraturan Daerah Kota Bandung No. 18 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bandung Tahun 2011-2031.
- Peraturan Daerah Kota Cimahi No. 4 Tahun 2013 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Cimahi Tahun 2012-2032.
- Peraturan Menteri PUPR No. 2 Tahun 2016 tentang Peningkatan Kualitas Terhadap Perumahan Kumuh dan Permukiman Kumuh.
- Peraturan Menteri PUPR No. 4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.
- Peraturan Menteri PR No. 32 Tahun 2006 tentang Teknis Kawasan Siap Bangun dan Lingkungan Siap Bangun yang Berdiri Sendiri.
- Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2020-2024 Dinas Kesehatan, Pemerintah Kota Cimahi. (2017). Profil Kesehatan Kota Cimahi.
- Purwoko, S. (2018). Indikator Air Layak Minum dan Sanitasi Layak dalam Mendukung Upaya Kesehatan Lingkungan di Rumah Tinggal. *In Proceeding National Seminar Germas 2018*, 1 (1).
- Sururi, M. R., Notodarmojo, S., and Roosmini, D. (2019). Aquatic Organic Matter Characteristics And Thmfp Occurrence In A Tropical River. *International Journal*, 17(62) : 203-211.
- Sururi, M. R., Notodarmojo, S., Roosmini, D., Putra, P. S., Maulana, Y. E., and Dirgawati, M. (2020). An Investigation of a Conventional Water Treatment Plant in Reducing Dissolved Organic Matter and Trihalomethane Formation Potential from a Tropical

River Water Source. *Journal of Engineering & Technological Sciences*, 52(2).

Syafri, S.H. (2015). Identifikasi Kemiringan Lereng di Kawasan Permukiman Kota Manado Berbasis SIG. *Spasial*, 1(1) :70-79.

Wicaksono, A. (2017). Strategi Pemasaran dengan Menggunakan Analisis SWOT Tanpa Skala Industri Pada PT X di Jakarta. *Jurnal Manajemen industri dan logistik*, 1(2): 192-201.

ANALISIS PENAMBAHAN BAKTERI *Azospirillum* sp. TERHADAP KEPADATAN SEL DAN KANDUNGAN LIPID MIKROALGA *Chlorella* sp. SERTA PENYISIHAN N TOTAL DI LIMBAH CAIR TAHU

Shinta Elystia¹⁾, Mesy Susri Darsi¹⁾, Sri Rezeki Muria²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Riau, Riau

²⁾Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau, Riau

E-mail: shintaelystia@yahoo.com

Abstrak

Biomassa mikroalga *Chlorella* sp. mampu menghasilkan lipid yang dapat dikonversi menjadi biodiesel sebagai energi alternatif bahan bakar fosil disamping perannya dalam pengolahan limbah. Oleh karena itu, teknik budidaya mikroalga tersebut menjadi penting untuk dikembangkan. Salah satunya dengan memanfaatkan bakteri *Azospirillum* sp. yang bisa meningkatkan pertumbuhan *Chlorella* sp. dalam pembentukan lipid dan menurunkan kadar pencemar pada limbah cair tahu. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran pertumbuhan dan jumlah lipid yang dihasilkan *Chlorella* sp. serta mengetahui hubungan bakteri *Azospirillum* sp. dan *Chlorella* sp. dalam menurunkan kadar penyisihan nitrogen total di limbah cair tahu. Penelitian dilakukan secara batch dengan perlakuan penambahan bakteri dengan 5 level yang berbeda, yaitu 0 (tanpa penambahan bakteri), penambahan bakteri sebanyak 0,25; 0,50; 0,75 dan 1 (%v/v). Proses pengolahan dilakukan selama 13 hari dengan penyinaran cahaya matahari dalam fotobioreaktor. Berdasarkan hasil penelitian, kepadatan tertinggi diperoleh dari perlakuan penambahan 1% bakteri *Azospirillum* sp. sebesar $9,26 \times 10^6$ sel/ml. Perlakuan dengan penambahan 1% mampu menghasilkan lipid 24,38% dengan efisiensi penyisihan N total sebesar 66,67%.

Kata Kunci: *Azospirillum* sp., *Chlorella* sp., Kadar Lipid, Kepadatan Sel, Limbah Cair Tahu, N total

Abstract

Microalgae biomass *Chlorella* sp. able to produce lipids that can be converted into biodiesel as an alternative energy for fossil fuels in addition to its role in waste treatment. Therefore, it is important to develop this microalgae cultivation technique. One of them is by using the *Azospirillum* sp. which can increase the growth of *Chlorella* sp. in the formation of lipids and reducing pollutant levels in tofu liquid waste. In this study, measurements of the growth and amount of lipids produced by *Chlorella* sp. and knowing the relationship between *Azospirillum* sp. and *Chlorella* sp. in reducing the total nitrogen removal rate in tofu liquid waste. The research was conducted in batches with the addition of bacteria with 5 different levels, that is 0 (without the addition of bacteria), the addition of bacteria as much as 0.25; 0.50; 0.75 and 1 (% v/v). The processing is carried out for 13 days by irradiating sunlight in a photobioreactor. Based on the results of the study, the highest density was obtained from the addition of 1% treatment of *Azospirillum* sp. amounted to 9.26×10^6 cells/ml. Treatment with the addition of 1% was able to produce 24.38% lipids with a total N removal efficiency of 66.67%.

Keywords: *Azospirillum* sp., *Chlorella* sp., Lipid Content, Cell Density, Tofu Liquid Waste, N Removal

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar fosil merupakan jenis sumber daya yang tidak terbarukan atau lama kelamaan akan habis. Selain itu juga berdampak buruk bagi lingkungan karena dapat meningkatkan kadar gas rumah kaca yang menjadi penyebab pemanasan global dan perubahan iklim dunia sehingga mengganggu stabilitas ekologi dan ketahanan pangan (Christenson dan Sims, 2011).

Dikirim/submitted: 24 Februari 2021

Diterima/accepted: 20 Juni 2021

Biodiesel dari mikroalga memiliki potensi terbesar untuk menggantikan minyak bumi di antara sumber energi terbarukan. Selain efektif dalam menurunkan kadar pencemar, biomasanya dapat dimanfaatkan sebagai produksi lipid untuk dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel (Hadiyanto dan Azim, 2012). Mikroalga mempunyai kemampuan yang sangat besar untuk dijadikan sebagai sumber energi alternatif seperti biodiesel karena memiliki kandungan lipid yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Mikroalga dapat memproduksi energi 20 sampai 100 kali lipat dibanding tumbuhan tingkat tinggi lain.

Chlorella sp. merupakan salah satu mikroalga yang berpotensi menghasilkan lipid sebagai bahan dasar untuk memproduksi biodiesel karena kandungan minyaknya yang tinggi. Dapat diketahui, kandungan lipid dari *Chlorella* sp. berkisar 10%-48% dari berat kering (Fihriani, 2015). Akan tetapi nilai kandungan lipid dalam *Chlorella* sp. tersebut dapat ditingkatkan, dimana saat ini teknik perbanyakan jenis mikroalga menjadi penting dan dikembangkan untuk meningkatkan hasil produksi lipid dari *Chlorella* sp. Salah satu cara yang mulai dikembangkan yaitu mensimbiosiskan mikroalga dengan bakteri pendukung pertumbuhan tanaman seperti *Azospirillum* sp. (Yao *et al.*, 2018).

Simbiosis mikroalga dengan bakteri pendukung pertumbuhan tanaman dapat meningkatkan kandungan lipid pada mikroalga serta efisiensi dalam menyisihkan pencemar, terutama limbah cair tahu. Dimana mikroalga menghasilkan oksigen yang tersedia untuk bakteri. Sebagai imbalannya, bakteri memberikan CO₂, vitamin B dan nutrisi anorganik untuk mendukung pertumbuhan lebih lanjut dari mikroalga (Yang *et al.*, 2012). Mikroalga dan bakteri bersinergis dalam mempengaruhi fisiologi dan metabolisme masing-masing, meskipun bakteri sering dianggap sebagai kontaminasi dalam budaya alga. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, persepsi telah berubah dan hubungan antara mikroalga-bakteri dianggap menjanjikan bagi perkembangan bioteknologi, karena banyak studi terbaru menunjukkan efek positif dari simbiosis ini dapat meningkatkan biomassa dan produksi biofuel berbasis mikroalga di masa depan.

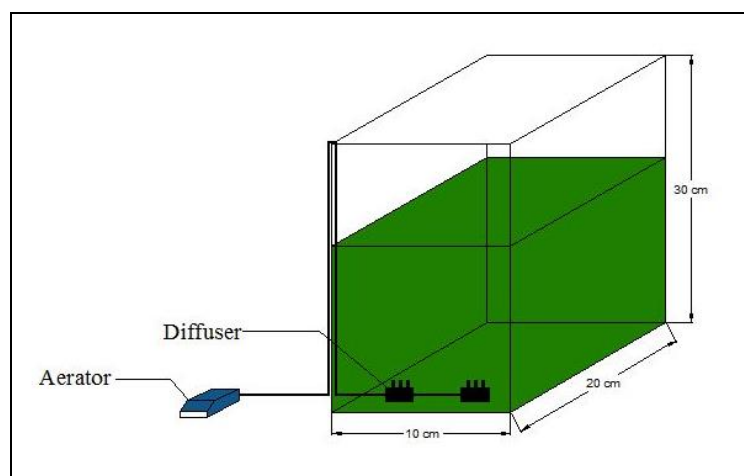
Salah satu mikroorganisme yang dimanfaatkan dalam pertanian dan disebut sebagai *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) adalah *Azospirillum* sp. Dibidang pertanian, bakteri ini dimanfaatkan sebagai biofertilizer atau pupuk hayati. Bakteri ini dikenal karena kemampuannya menghasilkan hormon nabati *Indol Acetid Acid* (IAA) (Spaepen *et al.*, 2007). Fitohormon mengubah metabolisme dan morfologi tanaman seperti bertambahnya

jumlah rambut akar, akar semakin panjang, dan permukaan akar yang semakin luas menyebabkan penyerapan mineral dan air lebih baik, akibatnya tanaman lebih besar dan lebih sehat (Nursoid, 2008). Menurut Bahsan *et al* (2008), pada kultivasi mikroalga fitohormon ini dapat meningkatkan pertumbuhan sel yang menyebabkan populasi sel menjadi lebih besar. Selain itu bakteri ini mampu menghasilkan vitamin B12 yang mendukung pertumbuhan mikroalga. Tang *et al* (2010) mengatakan bahwa dari 332 spesies mikroalga yang diteliti, menunjukkan bahwa 54% spesies alga membutuhkan vitamin B12. Hal ini menunjukkan bahwa pentingnya vitamin B12 bagi pertumbuhan mikroalga sehingga bakteri ini dapat disimbiosiskan dengan mikroalga karena mampu meningkatkan pertumbuhan mikroalga. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan penambahan bakteri *Azospirillum* sp., pada kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan mikroalga dan meningkatkan kemampuan mikroalga sebagai pengolah limbah untuk menurunkan parameter pencemar disamping manfaatnya sebagai bioenergi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah fotobioreaktor berukuran 20 cm x 10 cm x 30 cm (Gambar 1), oven, pH meter, kertas saring, corong, gelas ukur 10 ml dan 100 ml, pipet tetes, spatula, desikator, timbangan analitik, *hand counter*, *cover glass*, tabung reaksi dan *sentrifuge*, jarum ose, cawan petri, *autoclave*, *beaker glass*, inkubator, penjepit erlenmeyer, corong pisah, mortar, *thermometer*, aerator dengan debit udara 3 l/menit, mikroskop cahaya dan *thomacytometer*.



Gambar 1. Desain Fotobioreaktor

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair tahu yang digunakan berasal

dari industri tahu rumahan di jalan Garuda Ujung, Kelurahan Tangkerang Tengah, Kecamatan Marpoyan Damai, Pekanbaru. Mikroalga yang digunakan yaitu *Chlorella* sp. dari Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, medium *Dahril Solution* (Tabel 1). Bakteri *Azospirillum* sp. diperoleh dari *Indonesian Culture Collection* (InaCC), *Research Center for Biology*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bogor yang diremajakan pada medium NA kemudian dibuat kultur stok bakteri cair pada medium NB. Bahan kimia pendukung yang dibutuhkan dalam penelitian ini diantaranya: Alkohol 70%, H₂SO₄, NaOH, kloroform, methanol dan bahan kimia untuk analisis parameter.

Tabel 1. Komposisi Medium *Dahril Solution*

Nama Bahan	Jumlah
KNO ₃	100 mg
MgSO ₄ .7H ₂ O	25 mg
K ₂ HPO ₄	25 mg
NaCl	10 mg
CaCl ₂ .2H ₂ O	1,0 mg
Larutan Fe	0,1 ml
Larutan A5	0,1 ml
Vitamin B12	140 u
Air Suling	99,8 ml

2.2. Variabel Penelitian

2.2.1. Variabel Tetap

Variabel tetap dalam penelitian ini yaitu: Konsentrasi suspensi alga dalam fotobioreaktor 25% (Zulfarina *et al*, 2013), dimensi fotobioreaktor 20 cm x 10 cm x 30 cm, dan volume kerja fotobioreaktor 3 liter.

2.2.2. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu: Konsentrasi bakteri *Azospirillum* sp. dalam fotobioreaktor (0%, 0,25%, 0,50%, 0,75% dan 1% v/v (volume bakteri : volume kerja).

2.3. Prosedur Penelitian

2.3.1. Persiapan Peralatan

Penelitian ini menggunakan fotobioreaktor yang terdiri dari lima buah kolam kaca dengan ukuran yang sama yaitu (P x L x T) 20 cm x 10 cm x 30 cm. Reaktor ini termasuk dalam *closed* fotobioreaktor dimana desain relatif lebih murah dan mudah dibersihkan serta memiliki luas permukaan pencahayaan yang cukup luas Mikroalga dalam reaktor diaerasi

menggunakan aerator yang berfungsi untuk mengontakkan mikroalga dengan media. Reaktor untuk masing-masing perlakuan penelitian diberikan cahaya dengan sumber cahaya matahari.

2.3.2. Preparasi Limbah Cair Tahu

Limbah cair tahu yang digunakan pada penelitian ini berasal dari industri tahu rumahan di jalan Garuda Ujung, Kelurahan Tangkerang Tengah, Kecamatan Marpoyan Damai, Kota Pekanbaru. Limbah cair tahu diambil sebanyak 15 Liter. Kemudian dilakukan uji karakteristik N-Total awal, dimana karakteristik N-Total awal limbah cair tahu didapatkan sebesar 1400 mg/L.

2.3.3. Seeding dan Aklimatisasi

Seeding merupakan tahap pembibitan untuk menumbuhkan dan mengembangkan mikroalga yang digunakan dalam proses pengolahan. Proses pembibitan dilakukan selama seminggu menggunakan medium *Dahril Solution* dengan penyinaran bersumber dari matahari (Dahril, 2012). Selama kultivasi sel dihitung setiap 24 jam menggunakan *thomacytometer* dan mikroskop. Kultur alga hasil perbanyakan kemudian diaklimatisasi di dalam rumah kaca dengan menggunakan sinar matahari sebagai sumber pencahayaan yang memiliki suhu ruangan dengan nilai rata-rata 30°C. Aklimatisasi bertujuan untuk membiasakan kondisi alga hasil *seeding* dengan limbah cair secara bertahap selama dua minggu. Pengamatan dilakukan setiap 1 x 24 jam menggunakan alat *thomacytometer* dan mikroskop dengan bantuan *hand counter* untuk menghitung jumlah sel mikroalga sehingga diperoleh kepadatan sel sebesar 10^6 sel/ml (Adi *et al*, 2015). Tahap aklimatisasi dilakukan dengan menggunakan campuran mikroalga dan limbah untuk membantu proses adaptasi mikroalga dengan kondisi baru (Harianja *et al*, 2019). Tahap pertama dilakukan dengan mencampurkan alga hasil perbanyakan dengan limbah cair tahu dengan perbandingan 50% : 50%. Tahap selanjutnya mencampurkan alga dari tahap pertama dan limbah cair tahu dengan rasio sebesar 75% : 25% yang nantinya digunakan pada penelitian utama.

2.3.4. Preparasi Bakteri *Azospirillum* sp.

Peremajaan bakteri dilakukan dengan cara menggoreskan koloni bakteri yang diperoleh menggunakan jarum ose steril pada medium NA (*Nutrient Agar*) dengan metode *streak plate*. Kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C (Arwiyanto *et al.*, 1993). Setelah itu dilakukan pembuatan stok kultur bakteri cair. Bakteri hasil peremajaan pada medium NA diinokulasikan satu ose ke dalam 50 mL media NB (*Nutrient Broth*) yang

telah disterilkan dengan *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit di dalam erlenmeyer dan ditutup dengan kapas. Kultur bakteri dalam *Nutrient Broth* tersebut diinkubasi pada *shaker incubator* dengan kecepatan 120 rpm selama 24 jam pada suhu 27-30°C, selanjutnya kultur dapat dijadikan stock penelitian. Setelah itu biakan tersebut diambil 1 mL dan dituangkan ke dalam 100 mL media NB yang telah sterilkan dengan *autoclave* di dalam erlenmeyer tertutup kemudian dihomogenkan dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam kemudian dilakukan perhitungan bakteri menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) untuk digunakan pada percobaan utama.

2.3.5. Percobaan Utama

Limbah cair tahu, suspensi mikroalga dan bakteri *Azospirillum* sp. dimasukkan ke dalam fotobioreaktor berdasarkan variasi perlakuan, yaitu dengan variasi konsentrasi bakteri *Azospirillum* sp. dengan kepadatan 10^8 cfu/ml dalam fotobioreaktor sebesar 0%, 0,25%, 0,50%, 0,75% dan 1% v/v (volume bakteri : volume kerja). Konsentrasi suspensi alga yang digunakan tetap yaitu sebesar 25% dari volume kerja (750 ml). Kemudian diberikan sumber cahaya yang berasal dari sinar matahari. Dalam hal ini dilakukan perhitungan jumlah sel awal dari suspensi alga.

2.3.6. Analisis Data

2.3.6.1. Jumlah Sel Mikroalga

Perhitungan jumlah sel dilakukan pada setiap hari dimulai dari hari ke-0 hingga hari ke-13 dengan menggunakan alat *thomacytometer* yang diamati dibawah mikroskop cahaya, kemudian dilakukan perhitungan jumlah sel pada setiap bidang kotak dengan bantuan *hand counter*. Untuk menghitung jumlah sel *Chlorella* sp. digunakan rumus:

$$N = n \times 10^4$$

Keterangan:

N = kelimpahan sel (sel/mL)

n = jumlah sel dihitung

10^4 = volume kotakan *thomacytometer*

2.3.6.2. Analisis Kadar lipid

Analisa kadar lipid dilakukan pada hari ganjil kultivasi. Ekstraksi lipid diukur dengan metode Bligh-Dyer. Sebanyak 1 ml sampel dikeringkan hingga nilai beratnya konstan. Setelah itu lipid diekstraksi dengan larutan kloroform-metanol(2:1, v/v) sehingga terpisah menjadi lapisan kloroform dan metanol. Tambahkan metanol dan air untuk menghasilkan

rasio pelarut akhir kloroform methanol:air sebesar 1:1:0,9. Kemudian lapisan kloroform dicuci menggunakan 20 ml larutan NaCl 5% dan diuapkan hingga kering. Total lipid ditentukan secara gravimetri dengan rumus sebagai berikut (Putri, 2012):

$$\% \text{ Total Lipid} = \frac{Lw}{Bw} \times 100$$

Keterangan:

Lw = Berat lipid (gram)

Bw = Biomassa (gram)

2.3.6.3. Nitrogen Total

Parameter N-Total dianalisa diawal, tengah dan akhir kultivasi. Pengukuran N-Total mengacu pada SNI 4146-2013 dengan metode kjeldahl secara titrasi. Prinsip kerjanya yaitu protein dan komponen organik dalam sampel didestruksi menggunakan larutan asam sulfat dan katalis. Kemudian hasil destruksi dinetralkan dengan larutan alkali dan melalui destilasi. Selanjutnya destilat ditampung ke dalam larutan asam borat atau larutan asam klorida. Destilat yang terbentuk kemudian dititrasi menggunakan larutan HCl atau larutan NaOH. Kadar N-Total dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\%N = N. HCL \times 14,008 \times 100\%$$

Keterangan:

N = Konsentrasi N-Total (N)

N = Konsentrasi HCL (N)

Efisiensi penyisihan parameter N-Total selama proses pengolahan didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \times 100\%$$

Keterangan:

C_{in} = Konsentrasi influen (mg/L)

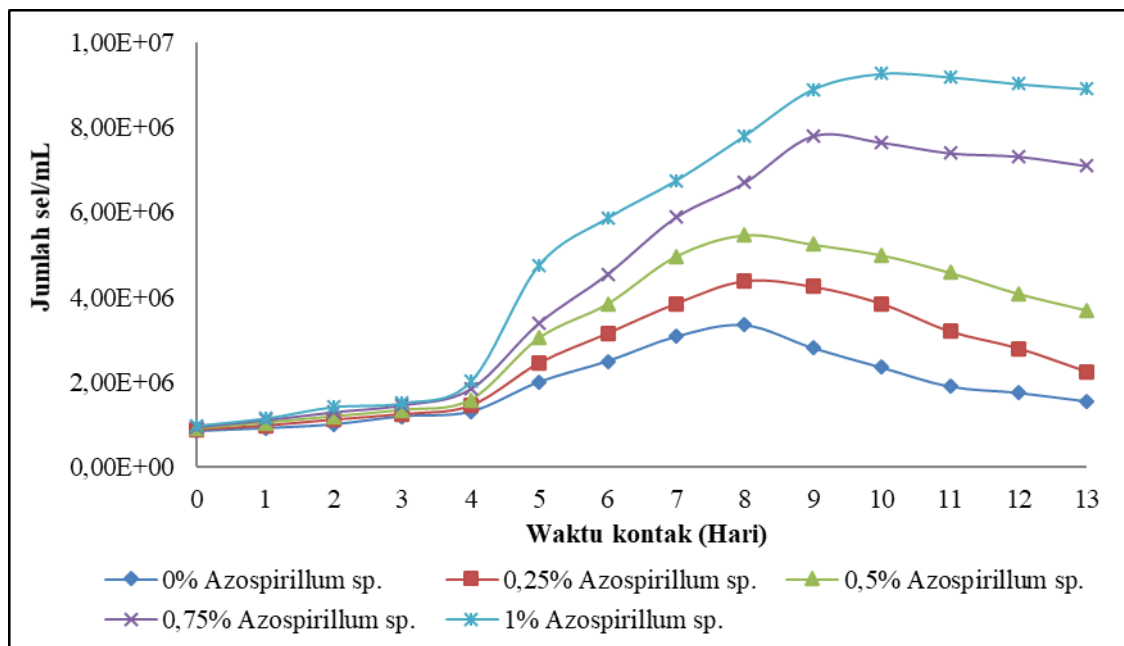
C_{ef} = Konsentrasi efluen (mg/L)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kepadatan Sel Mikroalga *Chlorella* sp.

Perhitungan kepadatan sel pada hari ke 1 hingga hari ke 4 menunjukkan terjadinya fase lag

yang ditandai dengan jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. yang hanya meningkat dalam jumlah yang sedikit. Dimana pada fase ini, sel alga melakukan adaptasi dengan lingkungan barunya di dalam fotobioreaktor. Dalam fase ini, sel-sel *Chlorella* sp. yang membelah masih sedikit sehingga jumlah sel belum banyak mengalami peningkatan (Hadiyanto dan Hidayat, 2014). Fase eksponensial pada penelitian ini berlangsung sejak hari ke-5. Pada fase ini, terjadi kenaikan pertumbuhan sel maksimum dikarenakan mikroalga melakukan pembelahan sel dengan cepat sehingga densitas sel meningkat. Pada fase ini mikroalga juga mampu menyerap nutrisi pada medium limbah secara optimal (Wijoseno, 2011). Kemampuan *Chlorella* sp. beradaptasi pada fase lag sebelumnya dipengaruhi oleh adanya proses aklimatisasi mikroalga dalam limbah sehingga lebih aktif dalam memanfaatkan nutrient. Kemudian terjadi fase penurunan pertumbuhan yang ditandai dengan menurunnya jumlah kepadatan sel. Kepadatan sel semakin menurun dikarenakan nutrisi yang ada pada limbah tersebut sudah mulai berkurang seiring dengan waktu kultur dan laju kematian lebih tinggi dari laju pertumbuhan (fase kematian). Pola pertumbuhan sel *Chlorella* sp. selama proses pengolahan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi Penambahan Bakteri *Azospirillum* sp. Terhadap Jumlah Sel Mikroalga *Chlorella* sp.
(Hasil penelitian merupakan nilai rerata dengan 2x pengulangan setiap perlakuan)

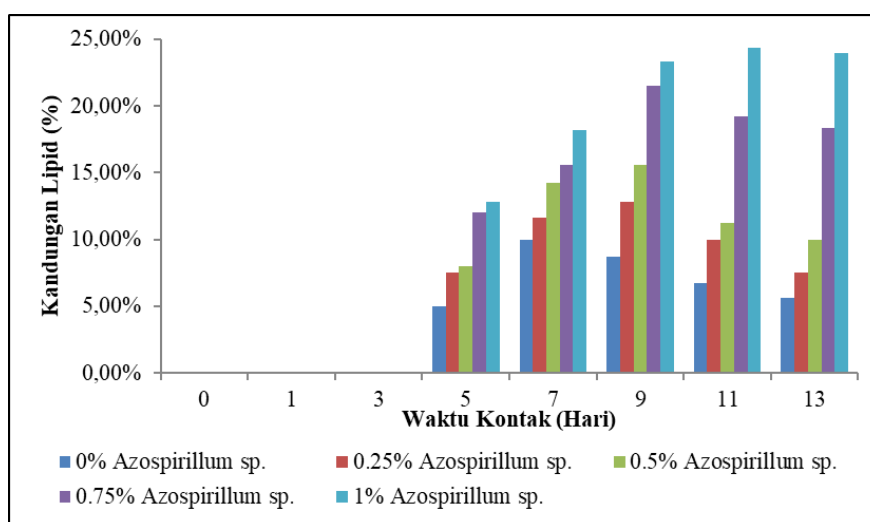
Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa perlakuan penambahan konsentrasi *Azospirillum* sp. memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan sel mikroalga. Penambahan *Azospirillum* sp. sebesar 1% menunjukkan jumlah sel mikroalga yang paling tinggi dari

awal hingga akhir waktu kontak yaitu sebesar $9,26 \times 10^6$ sel/ml. Hal menunjukkan bahwa adanya penambahan bakteri *Azospirillum* sp. dengan konsentrasi yang lebih tinggi memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya pada penelitian ini. Sesuai dengan pernyataan Nugroho *et al* (2016), bahwa semakin banyak bakteri yang ditambahkan pada kultivasi mikroalga, semakin tinggi pula pertumbuhan mikroalganya. Menurut Bashan *et al* (2004), ketika dua mikroorganisme (mikroalga dan bakteri) tumbuh bersama, ada interaksi biologis yang saling menguntungkan diantara keduanya. Studi menunjukkan bahwa oksigen dihasilkan dari proses fotosintesis mikroalga dapat dimanfaatkan oleh bakteri dan kemudian menghasilkan karbondioksida yang dimanfaatkan mikroalga untuk mendukung pertumbuhan lebih lanjut.

Azospirillum sp. dikenal karena kemampuannya menghasilkan fitohormon yang disebut *Indol Acetid Acid* (IAA). Dalam kultivasi mikroalga, fitohormon ini dapat meningkatkan pertumbuhan, pembelahan sel, jumlah populasi mikroalga. Adanya penambahan fitohormon kedalam medium mikroalga dapat menghasilkan metabolisme dan produksi sel yang lebih banyak dibandingkan dengan tanpa penambahan fitohormon (Choix *et al.*, 2014).

3.2. Kadar Lipid Mikroalga *Chlorella* sp.

Pada penelitian ini kandungan lipid yang didapatkan menunjukkan hasil yang berbeda pada masing-masing perlakuan. Hasil uji kadar lipid selama proses kultivasi menggunakan limbah cair tahu dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Konsentrasi Bakteri *Azospirillum* sp. terhadap Kandungan Lipid Mikroalga *Chlorella* sp.
(Hasil penelitian merupakan nilai rerata dengan 2x pengulangan setiap perlakuan)

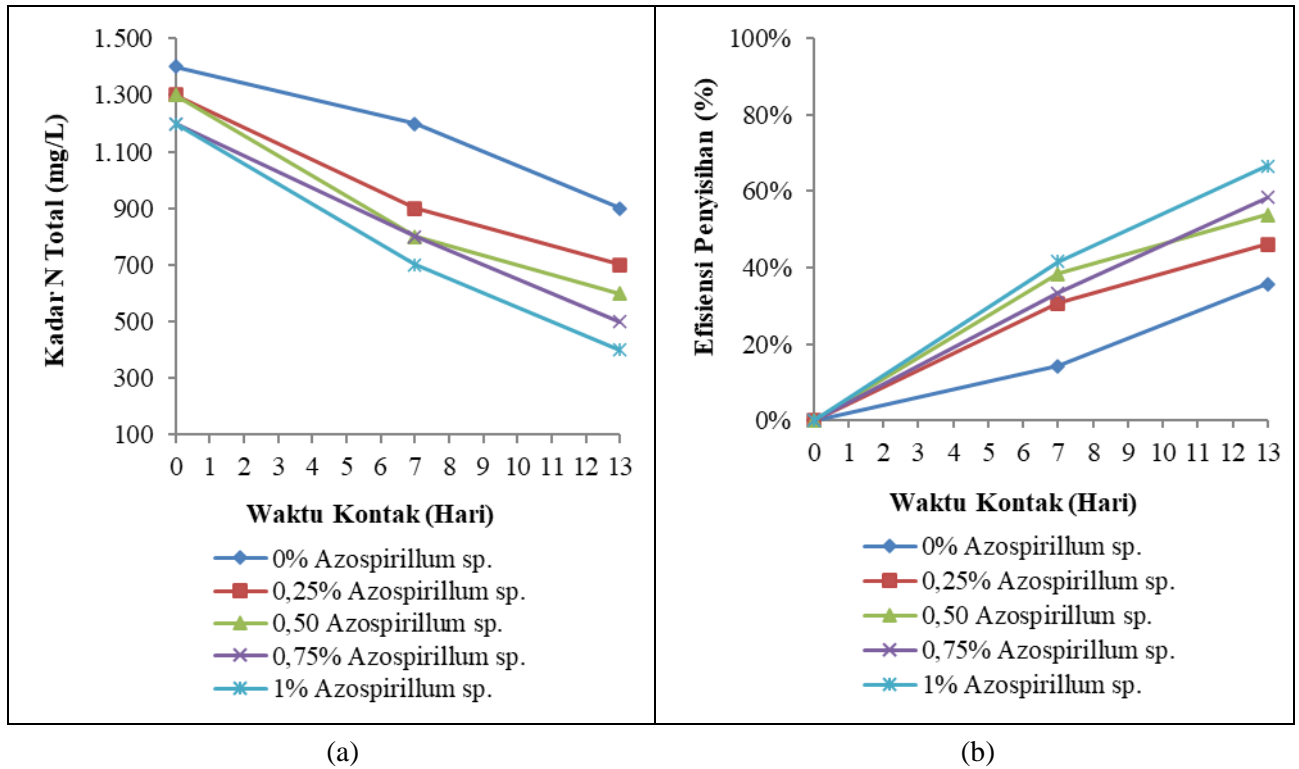
Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi penambahan bakteri *Azospirillum* sp. mempengaruhi kandungan lipid mikroalga. Dimana dalam penelitian ini, nilai kandungan lipid tertinggi dihasilkan oleh penambahan dosis bakteri *Azospirillum* sp. yang tertinggi pula. Pada penelitian ini, berdasarkan perlakuan penambahan 0%; 0,25%; 0,50%; 0,75; dan 1% bakteri, kandungan lipid tertinggi berada pada perlakuan penambahan bakteri *Azospirillum* sp. dengan konsentrasi 1% v/v yaitu sebesar 24,38% pada waktu puncak hari ke-11 kultivasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nurlaili *et al* (2015) bahwa semakin besar dosis bakteri yang ditambahkan maka semakin besar pula kandungan lipid pada mikroalga. Diketahuinya waktu puncak lipid ini dapat dijadikan dasar untuk waktu pemanenan mikroalga *Chlorella* sp.

Kandungan lipid pada mikroalga sepanjang proses kultivasi berbanding lurus dengan kerapatan sel serta biomassa mikroalga yang dihasilkan. Menurut Yang *et al* (2012), kandungan lipid yang tinggi disertai dengan produksi biomassa yang tinggi pula. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hadiyanto (2010) bahwa biomassa mikroalga sejalan dengan pertumbuhan selnya, apabila pertumbuhan selnya meningkat maka biomassa dan lipid yang dihasilkan juga semakin tinggi dan jika pertumbuhan mikroalga menurun maka produktivitas lipid akan rendah. Menurut Allaf (2013), selain memproduksi CO₂ yang dapat meningkatkan pertumbuhan mikroalga, fitohormon IAA yang dihasilkan bakteri berpengaruh positif terhadap kadar lipid mikroalga. Hal ini dikarenakan fitohormon memainkan peran unik dalam metabolisme dan fisiologi mikroalga, dimana fitohormon secara signifikan dapat meningkatkan jumlah sel yang dihasilkan selama pertumbuhan dan pembelahan sel sehingga menaikkan jumlah biomassa dalam produksi lipid mikroalga (Bahsan *et al.*, 2002).

3.3. Penyisihan Nitrogen Total pada Limbah Cair Tahu

Pada penelitian ini, efisiensi penyisihan nitrogen total tertinggi diperoleh pada akhir kultivasi yaitu hari ke-13. Penurunan konsentrasi nitrogen total terjadi seiring lamanya waktu kontak. Bashan (2004) mengatakan bahwa seiring dengan lamanya waktu kontak sel alga dengan air limbah semakin tinggi pula penyisihan nitrogen yang terjadi. Dari konsentrasi yang didapat maka dapat diketahui efisiensi penyisihan. Berdasarkan perlakuan penambahan 0%; 0,25%; 0,50%; 0,75; dan 1% bakteri, didapatkan nilai efisiensi terbaik pada perlakuan penambahan bakteri *Azospirillum* sp. 1% v/v yaitu 66,67%. Pada penelitian ini, perlakuan penambahan bakteri *Azospirillum* sp. dalam kultivasi *Chlorella* sp. memiliki efisiensi yang tinggi dibandingkan dengan tanpa penambahan bakteri (0% *Azospirillum*

sp.) dikarenakan adanya hubungan timbal balik antara bakteri dan mikroalga. Menurut Susanti *et al* (2013), adanya perlakuan penambahan bakteri *Azospirillum* sp. berpengaruh terhadap kandungan kualitas air di dalam media kultur. Grafik nilai konsentrasi nitrogen dan efisiensi penyisihan nitrogen total untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Grafik Nilai Konsentrasi Nitrogen Total dan (b) Efisiensi Penyisihan Nitrogen Total

(Hasil penelitian merupakan nilai rerata dengan 2x pengulangan setiap perlakuan)

Choix *et al* (2014), mengatakan bahwa dalam pengolahan air limbah, *Azospirillum* sp. dapat meningkatkan aktivitas enzim glutamin sintetase (GS) yang terlibat dalam proses metabolisme nitrogen dan penyerapan amonium oleh mikroalga. Asimilasi amonium merupakan proses biokimia penting untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroalga (Lu *et al.*, 2005). Menurut Borowitzka dan Moheimani (2013), jalur penting untuk asimilasi nitrogen adalah melalui sistem enzim glutamin sintetase, dimana glutamat bereaksi dengan amonium (dengan bantuan ATP) membentuk asam amino glutamin.

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa fitohormon yang dihasilkan bakteri *Azospirillum* sp. berpengaruh pada kinerja enzim glutamin sintetase mikroalga. Gonzales dan Bashan (2000) mengatakan ada indikasi bahwa fitohormon IAA terlibat dalam mendorong pertumbuhan mikroalga yang dikaitkan dengan peningkatan aktivitas glutamin sintetase yang lebih besar. Pada kultur media dengan penambahan konsentrasi bakteri *Azospirillum*

sp., mikroalga *Chlorella* sp. dapat menyerap lebih banyak nitrogen dibandingkan tanpa penambahan bakteri. Nitrogen dibutuhkan mikroalga untuk menyintesis protein, pertumbuhan, dan pembentukan sel.

Penurunan konsentrasi nitrogen pada limbah disebabkan adanya asimilasi atau penyerapan nitrogen terlarut. Maharsyah (2013) mengatakan bahwa bentuk senyawa nitrogen yang disukai oleh mikroalga adalah amonium (NH_4^+), karena proses transportasi dan asimilasi ion ammonium oleh mikroalga membutuhkan energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan transportasi asimilasi ion nitrat (NO_3^-). Senyawa N dalam bentuk NH_4^+ ini kemudian diasimilasi bersama-sama dengan asam glutamat menjadi berbagai jenis makromolekul organik yang dibutuhkan oleh sel *Chlorella* sp. Sedangkan dalam bentuk nitrat, nutrient harus dikonversikan terlebih dahulu menjadi amonium. Nitrat akan direduksi oleh nitrit reduktase menjadi nitrit kemudian direduksi menjadi amonium (Fakhri, 2020). Karena asimilasi amonium tidak memerlukan reaksi redoks, maka ia mengkonsumsi lebih sedikit energi dari pada asimilasi nitrat (Meirinawati, 2017).

4. KESIMPULAN

Penambahan bakteri *Azospirillum* sp. pada kultivasi *Chlorella* sp. di medium limbah cair tahu dapat mempengaruhi jumlah sel mikroalga. Jumlah sel tertinggi sebesar $9,26 \times 10^6$ sel/ml didapatkan pada perlakuan penambahan bakteri *Azospirillum* sp. 1% (v/v). Penambahan bakteri *Azospirillum* sp. mempengaruhi kandungan lipid mikroalga, semakin besar dosis bakteri yang ditambahkan pada penelitian ini maka semakin besar pula kandungan lipid pada mikroalga. Kadar lipid tertinggi sebesar 24,38% diperoleh pada perlakuan penambahan bakteri *Azospirillum* sp. 1% (v/v) didapatkan pada waktu puncak hari ke 11. Pengaruh penambahan konsentrasi bakteri *Azospirillum* sp. terhadap efisiensi penyisihan N total pada penelitian ini yaitu semakin besar konsentrasi bakteri *Azospirillum* sp. yang ditambahkan dalam medium limbah cair tahu maka efisiensi penyisihan semakin meningkat sehingga nilai N total semakin kecil. Efisiensi penyisihan N total tertinggi terjadi pada penambahan bakteri *Azospirillum* sp. 1% (v/v) sebesar 66,67%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, M. (2015). Fiksasi Emisi Karbon Dioksida dengan Kultivasi Mikroalga Menggunakan Nutrisi dari Air Limbah Industri Susu. *Jurnal Riset Industri*, 9(1) : 13-21.
- Allaf, M.M. (2013). Effect of Plant Hormones on the Production of Biomass and Lipid in Microalgae. Tesis. The University of Western Ontario.

- Arwiyanto, T., M. Goto., and Y. Takikawa. (1993). Characterization of Bacteriocins Produced by *Pseudomonas solanacearum*. *Journal Annals Phytopathological Society of Japan*, 59: 114-122.
- Bashan, L. E., Antoun, H., and Bashan, Y. (2008). Involvement of Indole-3-Acetic-Acid Produced By The Growth-Promoting Bacterium *Azospirillum* spp. In Promoting Growth Of *Chlorella vulgaris*. *J. Phycol*, 44(4):938–947.
- Bashan, L. E., Hernandez, J. P., Morey, T., and Bashan, Y. (2004). Microalgae Growth-Promoting Bacteria as “Helpers” for Microalgae: a Novel Approach for Removing Ammonium and Phosphorus from Municipal Wastewater. *Water Res.*, 38 (2):466–474.
- Bashan, L. E., Bashan, Y., Moreno, M., Lebsky, V.K., and Bustillos, J.J. (2002). Increased pigment and lipid content, lipid variety, and cell and population size of the microalgae *Chlorella* spp. when co-immobilized in alginate beads with the microalgae-growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. *Can. J. Microbiol*, 48 (6): 514-521.
- Borowitzka, M.A. and Moheimani, N.R. (2013). *Algae for Biofuel and Energy*. New York: Springer.
- Choix, Francisco J., Yoav B., Alberto M., and Luz E. de-Bashan. (2014). Enhanced Activity of ADP Glucose Pyrophosphorylase and Formation of Starch Induced by *Azospirillum brasilense* in *Chlorella vulgaris*. *Journal of Biotechnology*. 177 (10) :22–34.
- Christenson, L and Sims, R. (2011). Production and Harvesting of Microalgae for Wastewater Treatment, Biofuels, and Bioproducts. *Journal Biotechnol. Adv*, 29 (6):686–702.
- Dahril, T. (2012). *Rotifer, Biologi dan Pemanfaatannya*. Pekanbaru: Unri Press.
- Fakhri, M., Antika, P.W., Ekawati, A.W., dan Arifin, B.A. (2020). Pertumbuhan, Kandungan Pigmen, dan Protein *Spirulina platensis* yang Dikultur pada $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ Dengan Dosis yang Berbeda. *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 91 (: 43-44.
- Fithriani, D., dan Melanie, S. (2015). Rendemen Minyak dari Mikroalga *Spirulina* sp. dan *Chlorella* sp. dengan Teknik Pemecahan Dinding Sel. *Jurnal Riset*, 1(1):
- Gonzalez, L. E., and Bashan, Y. (2000). Increased Growth of The Microalga *Chlorella vulgaris* when Co-Immobilized and Cocultured in Alginate Beads with The Plant Growth Promoting Bacterium *Azospirillum brasilense*. *Appl. Environ. Microbiol*,

66(4):27–31.

- Hadiyanto. (2010). Produksi Mikroalga Berbiomassa Tinggi dalam Bioreaktor Open Pond. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, A02:1-6.
- Hadiyanto dan Azim, M. (2012). *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*. Semarang: UPT UNDIP.
- Hadiyanto dan Hidayat. (2014). Biofiksasi CO₂ oleh Mikroalga *Chlamydomonas* sp. dalam Photobioreaktor Tubular. *Jurnal Jurusan Teknik Kimia*, 15 (1): 37-42.
- Harianja, D. C. N., Sri Rezeki M., dan Chairul. (2019). Kultivasi Mikroalga *Chlorella* sp. secara Fed-Batch Dalam Media POME Sebagai Bahan Baku Bioetanol. *JOM FTEKNIK*, 6(2): 1-5.
- Lu, B., Yuan, Y., Zhang, C., Ou, J., Zhou, W., and Lin, Q. (2005). Modulation of Key Enzymes Involved in Ammonium Assimilation and Carbon Metabolism by Low Temperature in Rice (*Oryza sativa* L.) Roots. *Plant Sci*, 169 (2):295–302.
- Maharsyah, Taif. (2013). Efektifitas Penambahan Plant Growth Promoting Bacteria (*Azospirillum* sp.) dalam Meningkatkan Pertumbuhan Mikroalga (*Chlorella* sp.) pada Media Limbah Cair Tahu Setelah Proses Anaerob. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Meirinawati, H. (2017). Transformasi Nitrogen di Laut. *Jurnal Oseana*, 42(1): 36-46.
- Nugroho, W. A., Lutfi, M., and Susilo. (2016). Promoting the Growth of *Chlorella vulgaris* in Secondary Wastewater Treatment Effluent of Tofu Industry using *Azospirillum* sp. *International Journal on Advanced Science Engineering Informationn Technology*, 6 (3): 1-6.
- Nurlaili, F.R, Hendrawan, Y., dan Nugroho, W.A. (2015). Pengaruh Dosis Pertambahan Bakteri (*Azospirillum* sp.) Terhadap Kelimpahan Populasi Mikroalga (*Chlorella* sp.) pada Media Kultur Limbah Cair Biogas (Setelah Proses Anaerob). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3 (2): 121-126.
- Nursoid. (2008). Kemampuan *Azospirillum* sp. JG3 dalam Menghasilkan Lipase pada Medium Campuran Dedak dan Onggok dengan Waktu Inkubasi Berbeda. Purwokerto: Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman.
- Putri, E.V. (2012). Cultivation of Microalgae Using Palm Oil Mill Effluent for Lipid Production. Thesis. Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia.
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., and Remans, R. (2007). Indole Acetic Acid In Microbial and Microorganism–Plant Signaling. *FEMS Microbiol*, 31(4):425–448.
- Susanti, T. I., Musthofa. L., dan Wahyunanto. A. N. (2013). Pengaruh Penambahan *Plant-*

- Growth Promoting Bacteria (Azospirillum sp.) terhadap Laju Pertumbuhan Mikroalga (Chlorella sp.) pada Media Limbah Cair Tahu Sintetis. Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1 (3): 239-248.
- Tang, YZ, Koch, F. dan Gobler, CJ. (2010). Most Harmful Algal Bloom Species are Vitamin B1 and B12 Auxotrophs. *Journal PNAS* ,107 (20) : 756 - 761.
- Wijoseno, Tangguh. (2011). Uji pengaruh variasi media kultur terhadap tingkat pertumbuhan dan kandungan protein, lipid, klorofil, dan karotenoid pada mikroalga *Chlorella vulgaris* Buitenzorg. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Yang, X., Liu, P., Hao, Z., Shi, J., Zhang, S. (2012). Characterization and identification of freshwater microalgal strains toward biofuel production. *BioResources*. 7(1):686–695.
- Yao, S., Lyu, S., An, Y., Lu, J., Gjermansen. C., and Schramm, A. (2018). Mikroalgae-Bacteria Symbiosis in Microalgal Growth and Biofuel Production: A Review. *Journal of Applied Microbiology* 126(2) : 359-368
- Zulfarina, Sayuti, I and Putri, H. (2013). Potential Utilization of Algae *Chlorella Pyrenoidosa* for Rubber Waste Management. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 1 (1) : 511 - 520

KARAKTERISASI MIKROPLASTIK DARI SEDIMEN PADANG LAMUN, PULAU PANJANG, JEPARA, DENGAN FT-IR INFRA RED

Kamelia Lestari¹⁾, Haeruddin²⁾, Oktavianto Eko Jati¹⁾

¹⁾ Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Diponegoro, Semarang,

²⁾ Departemen Sumberdaya Akuatik, Universitas Diponegoro, Semarang

Email: kamelia732@gmail.com

Abstrak

*Ekosistem lamun Pulau Panjang memiliki fungsi ekologis bagi biota sekitarnya. Mikroplastik dapat tersimpan di sedimen untuk jangka waktu yang lama karena sifatnya yang sulit terurai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan mikroplastik pada sedimen lamun di Pulau Panjang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2019 di Pulau Panjang, Jepara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Teknik pengambilan sampel menggunakan metode random sampling, dibagi menjadi 2 jenis sampel yaitu 7 sampel inti dan 3 sampel tambahan (untuk uji FT-IR). Analisis dilakukan untuk mengetahui keterkaitan antara jumlah mikroplastik yang didapatkan dengan kerapatan lamun. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa jumlah total mikroplastik yang didapatkan sebanyak 93 partikel dengan bentuk fragmen, film, fiber, dan pelet. Jumlah tertinggi terdapat pada titik 7 dengan jumlah 19 partikel. Bentuk mikroplastik dominan yang ditemukan yaitu fragmen sebanyak 51 partikel (54,83%), kemudian bentuk lain seperti fiber 34 partikel (36,56%) dan film sebanyak 8 partikel (8,6%). Jenis lamun yang ditemukan yaitu *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, dan *Enhalus acoroides*. Kerapatan lamun di Pulau Panjang titik 1-7 tergolong tinggi, kecuali pada titik 5 yang memiliki kerapatan lamun sedang. Analisa statistika yang dilakukan yaitu uji One Way ANOVA dengan nilai signifikansi 0,008 ($< 0,05$) yang menunjukkan bahwa rata-rata bentuk mikroplastik yang ditemukan setiap titik berbeda secara signifikan. Berdasarkan uji FT-IR yang telah dilakukan terhadap sampel A, sampel B dan sampel C didapatkan puncak bilangan gelombang khas berkisar 1466 – 3700 cm^{-1} dengan gugus fungsi berupa ikatan C, C=C, C=O, N-H, OH dan C-H yang menggambarkan ikatan plastik jenis PP.*

Kata Kunci: *Fiber, Film, Fragmen, Mikroplastik, Lamun Pulau Panjang, Pelet*

Abstract

*Panjang Island seagrass ecosystem has an ecological function for the surrounding biota. Microplastics can be stored in sediments for a long time because of their difficult to decompose. This study aims to determine the presence of microplastics in seagrass sediments on Panjang Island. This research was conducted in May 2019 on Pulau Panjang, Jepara. The method used in this research is a survey method. The sampling technique used the random sampling method, divided into 2 types of samples, namely 7 core samples and 3 additional samples (for the FT-IR test). The analysis was conducted to determine the relationship between the amount of microplastic obtained and the density of the seagrass. Based on the research results, it can be concluded that the total number of microplastics obtained was 93 particles in the form of fragments, films, fibers, and pellets. The highest number is at point 7 with 19 particles. The dominant microplastic forms found were fragments of 51 particles (54.83%), then other forms such as fiber 34 particles (36.56%) and film as many as 8 particles (8.6%). The types of seagrass found were *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, and *Enhalus acoroides*. The seagrass density in Panjang Island from points 1-7 is high, except at point 5 which has medium seagrass density. The statistical analysis carried out was the One Way ANOVA test with a significance value of 0.008 (< 0.05) which indicated that the average shape of the microplastics found in each point was significantly different. Based on the FT-IR test that has been carried out on sample A, sample B and sample C, the typical peak wave number ranges from 1466 - 3700 cm^{-1} with functional groups in the form of bonds C, C = C, C = O, NH, OH and CH which describes the PP type plastic bond.*

Keywords: *Fiber, Film, Fragments, Microplastics, Pulau Panjang Seagrass, Pellets*

Dikirim/submitted: 24 Februari 2021

Diterima/accepted: 20 Juni 2021

1. PENDAHULUAN

Keberlanjutan kualitas perairan dan laut sebagai pemberi kehidupan bagi ekosistem, ekonomi, serta masyarakat luas, rentan oleh ancaman pencemaran plastik (Puteri *et al.* 2018). Di laut terdapat berbagai ekosistem diantaranya lamun, karang, mangrove hingga ekosistem laut dalam. Isu pencemaran plastik di lingkungan perairan telah menjadi perhatian global saat ini karena dampaknya yang merugikan ekosistem perairan laut dan pantai. Terlebih lagi dengan terurainya sampah plastik menjadi partikel plastik lebih kecil yang berukuran mikrometer (mikroplastik) dan nanometer (nanoplastik), memungkinkan partikel halus dapat masuk ke rantai makanan dan berujung pada manusia sebagai predator paling atas dalam rantai makanan (Widianarko dan Hantoro, 2018).

Sifat plastik yang lama untuk terurai membuat jumlah plastik di perairan menumpuk seiring berjalannya waktu dan dapat berakibat lingkungan menjadi terganggu serta membahayakan biota bahkan manusia. Mikroplastik dapat masuk ke jaringan tubuh salah satunya melalui getah bening yang kemudian masuk ke peredaran darah dan partikel berukuran $> 1,5 \mu\text{m}$ akan menyumbat pembuluh kapiler terkecil yang hanya berdiameter beberapa μm (Yoo *et al.*, 2011; Hollman *et al.*, 2013).

Plastik yang dasarnya tidak dapat dicerna, hanya akan terakumulasi di tubuh biota. Meskipun berukuran kecil, namun konsumsi mikroplastik dapat mentransfer pencemar ke jaringan tubuh biota yang berakibat terganggunya fungsi ekofisiologis terkait dengan kesehatan dan keanekaragaman hayati (Ruiz *et al.*, 2016). Jumlah sampah yang melimpah di perairan diakibatkan oleh beberapa hal diantaranya limbah domestik, industri serta adanya aktivitas manusia di perairan, seperti menangkap ikan menggunakan jala yang terbuat dari serat plastik.

Pulau Panjang adalah salah satu pulau yang terletak di Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Pulau Panjang memiliki karakteristik yaitu pasir pantainya yang berwarna putih dan terdapat hutan tropis di tengah pulau. Menurut Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Jepara, Pulau Panjang dikontrakkan kepada pihak asing selama lebih dari 30 tahun dimulai pada tahun 1987 (PPK-KP3K), hal ini berdampak Pulau Panjang menjadi kurang terawat dan pengembangan pulau menjadi terhambat. Pulau Panjang adalah salah satu wisata bahari yang didalamnya terdapat ekosistem penting seperti karang dan lamun, sehingga kelestariannya perlu dijaga. Adanya kegiatan pariwisata ini dapat menghasilkan sampah plastik yang

mengganggu lingkungan. Plastik yang dijumpai di Pulau Panjang berupa bungkus makanan, minuman, botol, sedotan dan lainnya. Banyaknya wisatawan dapat membuat produksi sampah menjadi lebih banyak. Menurut Miswanto dan Safaat (2018), dijelaskan bahwa banyaknya jumlah wisatawan berbanding lurus dengan jumlah sampah yang dihasilkan. Sampah berukuran besar yang berserakan, terkena limpasan air, terpecah menjadi mikroplastik yang selanjutnya menyebar ke permukaan laut, di kolom air dan di sedimen, bahkan di laut dalam (Woodall *et al.*, 2014). Mikroplastik dapat tersimpan di sedimen untuk waktu yang lama, dan dikhawatirkan mikroplastik tersebut dapat mengancam biota, terutama biota asosiasi lamun yang hidupnya di dasar perairan (benthos). Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik mikroplastik pada sedimen lamun Pulau Panjang, Jepara.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- *Global Position System* (GPS) untuk menentukan titik koordinat sampling
- *Float tracking* untuk mengukur kecepatan arus,
- *Secchi disk* untuk mengukur kedalaman dan salinorefraktometer untuk mengukur salinitas
- *Corer* (pipa plastik PVC dengan bentuk tabung silinder berukuran 40 - 50 cm dengan diameter 3 inch) dan cetok untuk mengambil sampel sedimen
- Kuadran 1 x 1 m untuk mengukur kerapatan lamun
- Wadah *stainless steel* untuk sampel sedimen
- Erlenmeyer 500 ml untuk tempat supernatan yang sudah tersaring,
- Kertas saring Whatman nomor 42 dengan ukuran pori 2,5 μm untuk menyaring mikroplastik,
- Cawan petri sebagai tempat peletakan kertas saring Whatman,
- *Hot plate magnetic stirrer* merk CIMAREC SP-131320-33Q untuk memanaskan sampel,
- *Oven* untuk mengeringkan sampel,
- *Aluminium foil* sebagai alas sedimen saat dioven
- Gelas ukur untuk mengukur aquades, NaCl dan H₂O₂
- *Beaker glass* sebagai wadah pembuatan NaCl jenuh

- Timbangan digital untuk menimbang sampel,
- Corong kaca untuk membantu penyaringan partikel mikroplastik
- Pinset untuk memindahkan kertas saring ke cawan petri,
- Mikroskop stereo Olympus SZ61 yang dilengkapi kamera untuk mengamati mikroplastik,
- Laptop
- FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*) Perkin Elmer Frontier S/N: 96772 untuk mengidentifikasi gugus fungsi.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

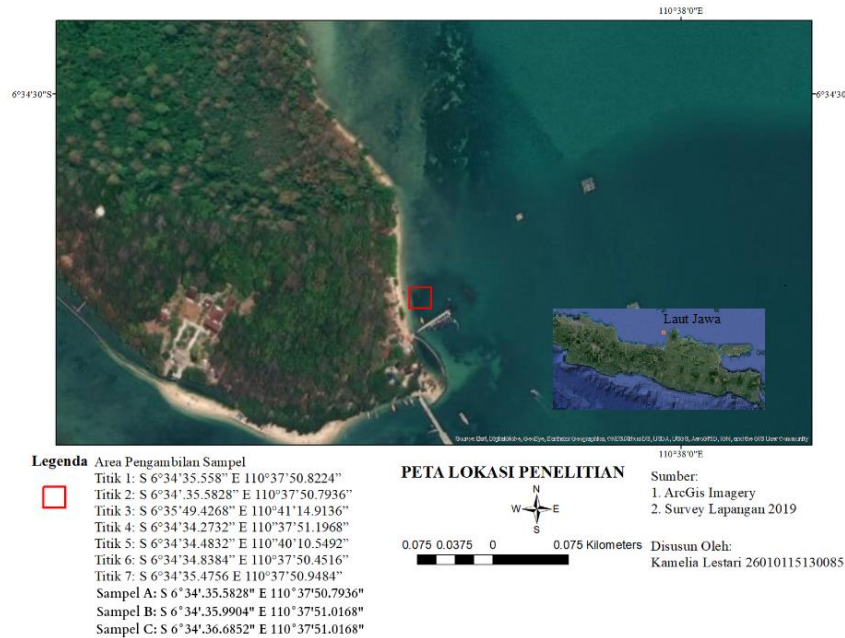
- Sampel sedimen (7 sampel inti dan 3 sampel tambahan) yang diperoleh dari hasil sampling di wilayah ekosistem lamun di Pulau Panjang,
- NaCl jenuh untuk memisahkan mikroplastik dengan material lainnya yang terdapat di sampel sedimen,
- H₂O₂ 30% untuk menghilangkan bahan organik dalam sedimen dan aquades sebagai pengencer dan pelarut.

2.2. Prosedur Penelitian

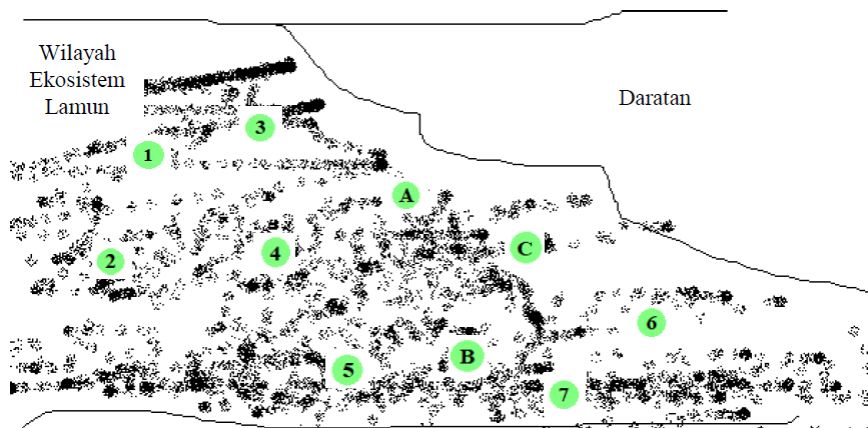
Lokasi Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan pengambilan sampel sedimen dilakukan pada tanggal 4 Mei 2019. Penentuan lokasi pengambilan sampel (Gambar 2) menggunakan metode *random sampling* yaitu pengambilan data secara acak tanpa adanya pertimbangan tertentu, hanya saja sampel sedimen harus diambil di sekitar ekosistem lamun. Pengambilan sampel sedimen dilakukan sebanyak satu kali tanpa ada ulangan dan dilakukan pada pukul 09.00 WIB untuk mengantisipasi air pasang saat pengambilan sampel. Sampel dibagi menjadi 2 yaitu 7 sampel inti (Titik 1-7) dan 3 sampel tambahan (Sampel A, B, C). Sampel-sampel tersebut diperlakukan sama, yang membedakan hanya sampai uji FT-IR dimana sampel yang digunakan untuk uji FT-IR hanya sampel A, B dan C saja, sedangkan 7 sampel inti tidak diujikan FT-IR.

Pengambilan sedimen menggunakan pipa corer yang memiliki diameter 3 inch dengan kedalaman 15 - 20 cm dari permukaan substrat tergantung pada kedalaman substrat masing-masing titik. Sampel sedimen kemudian dimasukkan ke wadah *stainless steel*. Selain itu diukur pula beberapa parameter pendukung diantaranya kecepatan arus, kedalaman dan kerapatan lamun. Setelah sampel diperoleh, sampel sedimen selanjutnya akan di preparasi dan di ekstraksi di Laboratorium Pengelolaan Sumberdaya Ikan dan Lingkungan Universitas

Diponegoro, untuk mengamati mikroplastik yang diperoleh akan dilakukan di Laboratorium Biologi Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro dan untuk pengujian FT-IR dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Titik Pengambilan Sampel Secara Acak

2.3. Preparasi dan Ekstraksi Sampel

Diagram alir preparasi sampel dapat dilihat pada Gambar 3. Sampel sedimen di preparasi kemudian di ekstraksi agar mendapatkan mikroplastiknya. Sedimen yang telah diperoleh kemudian dikeringkan untuk menghilangkan kandungan air, bisa dilakukan menggunakan oven dengan suhu 75°C (dengan tujuan agar mikroplastik tidak meleleh atau berubah

struktur mikroplastik) hingga antar butir sedimennya tidak saling menempel (Septian *et al.* 2018). Kemudian masing-masing bagian sedimen 500 gram dihilangkan bahan organiknya menggunakan H_2O_2 30%. H_2O_2 yang berkadar 50% harus diencerkan terlebih dahulu agar mendapat kadar 30% seperti yang diperlukan. Pengenceran H_2O_2 menggunakan aquades dengan volume tertentu menggunakan persamaan 1.

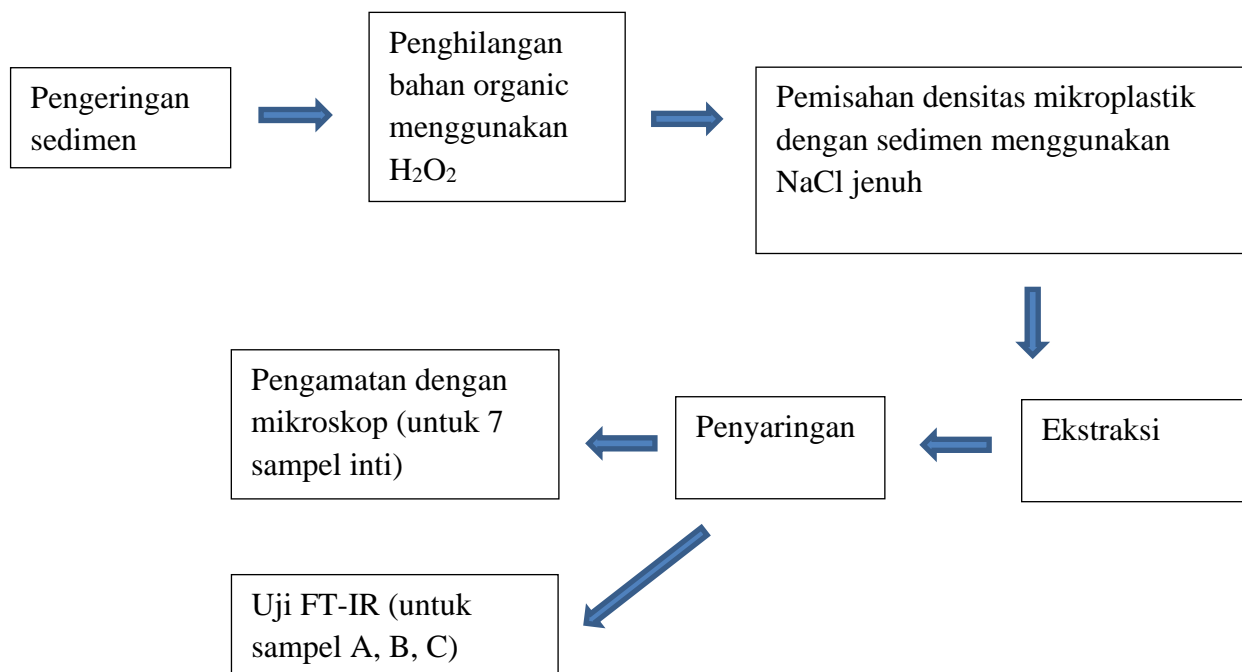
$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2 \quad (1)$$

Dimana: V_1 = Volume awal

M_1 = Kadar/persentase awal

V_2 = Volume yang diinginkan

M_2 = Kadar/Persentase yang diinginkan



Gambar 3. Diagram Alir Preparasi Sampel

Kemudian menambahkan H_2O_2 30% ke sedimen hingga terendam. Selanjutnya dipanaskan di hot plate dengan suhu 55 - 65°C untuk mempercepat proses evaporasi dari H_2O_2 (Mathalon dan Hill, 2014). Buih yang terlihat dihilangkan. Sedimen 500 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dibuat larutan garam jenuh dengan densitas 1.35 g/cm³ (360 g NaCl/l H₂O- kelarutan NaCl pada suhu 25°C) ditambahkan sebanyak 750 ml, kemudian diaduk sehingga terbentuk supernatan. Pencampuran dari air suling dengan NaCl tersebut

membuat partikel yang memiliki massa jenis lebih rendah akan mengapung, sedangkan yang memiliki massa jenis lebih berat akan tenggelam. Mikroplastik umumnya memiliki rentang densitas yang luas, tetapi yang paling sering ditemukan berkisar $0,8 \text{ g/cm}^3$ hingga $1,4 \text{ g/cm}^3$, sedangkan sedimen pasir dan partikel sedimen rata-rata sekitar $2,65 \text{ g/cm}^3$ (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012). Setelah 6 jam, supernatan yang telah diekstraksi dari campuran sedimen dan NaCl disaring (Cordova *et al.*, 2018) menggunakan kertas saring Whatman nomor 42 dengan diameter pori $2,5 \mu\text{m}$. Ekstraksi dapat dilakukan lebih dari satu kali untuk memastikan tidak ada partikel mikroplastik yang tertinggal, dengan melakukan langkah yang sama yaitu mencampurkan NaCl jenuh 750 ml. Ukuran pori kertas saring Whatman yang kecil, membuat proses penyaringan membutuhkan waktu yang lama, sehingga dapat menggunakan vacuum pump untuk mempercepat proses pemfilteran (apabila diperlukan). Pemilahan partikel mikroplastik secara visual melalui mikroskop dan dikelompokkan dalam empat jenis yaitu film, fiber, fragmen dan pelet.

2.4. Uji FT-IR

Sampel yang sudah dipreparasi selanjutnya akan dianalisa menggunakan FT-IR *spectroscopy* di Laboratorium Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Semarang. Sampel yang diujikan FT-IR adalah 3 sampel tambahan (sampel A, sampel B dan sampel C), pengujian dilakukan hanya pada perwakilan sampel A, B, C saja karena bertujuan untuk mengetahui jenis mikroplastik yang ditemukan di sedimen lamun Pulau Panjang dilihat dari gugus fungsinya.

Prinsip kerja FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut (Sjahfirdi *et al.* 2015). *Mid-IR* ($400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$) adalah wilayah yang paling umum digunakan untuk analisis karena semua molekul memiliki frekuensi absorban karakteristik dan getaran molekul primer dalam kisaran ini. Metode *Mid*-spektroskopi inframerah didasarkan pada mempelajari interaksi radiasi inframerah dengan sampel. Spektrum IR diukur dengan menghitung intensitas radiasi IR sebelum dan sesudah melewati sampel dan spektrum secara tradisional diplot dengan unit sumbu Y sebagai absorbansi atau transmitansi dan sumbu X sebagai unit bilangan gelombang (Davis dan Mauer, 2010). Hasil dari panjang gelombang tersebut kemudian dicocokkan dengan tabel instrumen FT-IR. Hal ini sesuai dengan Veerasingam *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa spektrum inframerah mewakili sidik jari sampel (mikroplastik) dengan puncak serapan sesuai dengan frekuensi getaran antara ikatan atom penyusun bahan. Setiap bahan polimer yang

berbeda juga akan menghasilkan spektrum inframerah yang berbeda karena tidak ada dua senyawa yang menghasilkan spektrum inframerah yang persis sama.

2.5. Analisis Data

Hasil mikroplastik yang sudah diperoleh dari 500 gram sedimen kering masing-masing titik kemudian dihitung jumlahnya, selanjutnya dikelompokkan menurut bentuknya (fragmen, film, fiber atau pelet). Selain itu, akan dihitung jumlah mikroplastik total yang telah didapatkan dari semua titik untuk dikelompokkan menurut ukurannya. Penggolongan ukuran mikroplastik dibagi menjadi 6 segmen yaitu 10-50 μm , 51-100 μm , 101-50 μm , 151-200 μm , 201-250 μm dan 251-300 μm .

Analisis data dilakukan untuk mengetahui hubungan antar variabel menggunakan aplikasi SPSS 16.0. Uji statistika yang dilakukan adalah uji One Way ANOVA. Uji normalitas yang digunakan adalah *Shapiro-Wilk*, dikarenakan data pada penelitian ini berjumlah sedikit (kurang dari 50 data). Penjelasan *output* uji normalitas *Shapiro-Wilk*:

- Jika nilai Sig. > 0,05 maka data berdistribusi normal
- Jika nilai Sig. < 0,05 maka data tidak berdistribusi normal

Selanjutnya jika data sudah dipastikan berdistribusi normal (sig > 0,05) maka syarat kedua untuk dapat melakukan uji One Way ANOVA adalah data harus homogen. Hal ini dapat dilakukan dengan uji homogenitas. Setelah data dipastikan homogen dan berdistribusi normal, selanjutnya adalah uji One Way ANOVA untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata bentuk mikroplastik yang ditemukan di setiap titiknya. Interpretasi *output* uji One Way ANOVA:

- Jika nilai Sig. > 0,05 maka data memiliki rata-rata yang sama
- Jika nilai Sig. < 0,05 maka data memiliki rata-rata yang berbeda

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengukuran Variabel Pendukung

Variabel pendukung dalam penelitian ini meliputi salinitas, kedalaman perairan serta kecepatan arus. Pengukuran variabel pendukung dapat dilihat pada Tabel 1. Salinitas yang diperoleh tidak terlalu signifikan perbedaannya berkisar antara 33 – 36 ppt. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, nilai kedalaman yang diperoleh berkisar 35-85 cm. Kedalaman dapat mempengaruhi keberadaan lamun.

Tabel 1. Pengukuran variabel pendukung

Titik	Salinitas (ppt)	Kedalaman Perairan (cm)	Arus (m/s)
1	34	65	0,043
2	34	76	0,03
3	36	57	0,083
4	35	66	0,058
5	35	35	0,067
6	35	85	0,038
7	33	58	0,067

Menurut Ardiannanto *et al.* (2014) Kedalaman rata rata kelompok terumbu karang dan lamun berkisar antara 20 cm sampai 3 meter. Kecepatan arus didapatkan berkisar 0,023-0,083 m/s yang tergolong arus sangat lambat. Menurut Welch (1980), kecepatan arus terbagi dalam arus sangat cepat (> 1 m/s), arus cepat (0,5 - 1 m/s), arus sedang (0,25 - 0,5 m/s), arus lambat (0,1 - 0,25 m/s), dan arus sangat lambat ($< 0,1$ m/s). Nilai arus yang diperoleh dipengaruhi oleh pasang surut dimana pada saat penelitian dilakukan, kondisi pantai masih dalam keadaan surut. Selain dipengaruhi oleh pasang surut, pola arus juga dipengaruhi oleh angin. Menurut Munasik *et al.* (2006) Tampaknya pola arus di Pulau Panjang menunjukkan kesamaan dengan pola pasang surut yang merupakan kombinasi pengaruh angin dan kedalaman perairan. Arus dapat membawa material mikroplastik melalui massa air. Menurut Purba, *et al.* (2018) Kelimpahan sampah laut di Indonesia berasal dari dua sumber, melalui arus laut yang terhubung antara Samudra Pasifik ke Samudra Hindia dan sungai-sungai.

Pengukuran variabel pendukung pada titik 1- 7 dapat dilihat pada Tabel 2. Titik 1-7 memiliki jenis lamun *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, dan *Enhalus acoroides*. Jenis lamun yang ada di Pulau Panjang yaitu *Thalassia* sp, *Cymodocea* sp, *Enhallus* sp, *Halodulle* sp dan *Siryngodium* sp (Prasetya, *et al.* 2015). Kerapatan lamun yang ditemukan berkisar 68 tegakan/m² (titik 5) sampai dengan 262 tegakan/m² (titik 1). Menurut Supriadi, *et al.* (2012), dijelaskan bahwa kategori kerapatan lamun yang rendah bernilai < 50 tegakan/m², kepadatan yang sedang yakni bernilai 50 - 100 tegakan/m² serta kepadatan yang tinggi bernilai > 100 tegakan/m².

Tabel 2. Pengukuran variabel pendukung

Titik	Spesies	Jumlah Tegakan/m ²	Klasifikasi Kerapatan Lamun (Supriadi, <i>et al.</i> 2012)
1	<i>Cymodocea serrulata</i>	262	Tinggi
2	<i>Cymodocea rotundata</i>	172	Tinggi
3	<i>Cymodocea rotundata</i>	141	Tinggi
4	<i>Cymodocea rotundata</i> <i>Enhalus acoroides</i>	173 5	Tinggi
5	<i>Cymodocea rotundata</i> <i>Cymodocea serrulata</i>	56 12	Sedang
6	<i>Cymodocea rotundata</i> <i>Cymodocea serrulata</i>	34 74	Tinggi
7	<i>Cymodocea serrulata</i>	143	Tinggi

Berdasarkan pengamatan, dari titik 1 - 7 hanya ada 1 titik yang mempunyai kerapatan sedang, yaitu titik 5 sejumlah 68 tegakan/m², sedangkan 6 titik lainnya memiliki kerapatan lamun yang tinggi (>100 tegakan/m²). Semakin rapat lamun, semakin kuat kemampuannya untuk menangkap sedimen, namun persebaran mikroplastik bukan hanya dipengaruhi oleh kerapatan lamun, namun juga faktor lain. Belum dapat diketahui secara pasti faktor apa yang paling mempengaruhi persebaran mikroplastik, namun beberapa peneliti menduga bahwa persebaran mikroplastik di laut disebabkan oleh angin dan arus (Yudhantari *et al.* 2019).

Berdasarkan uji stastika One Way ANOVA (Tabel 3) yang telah dilakukan didapatkan hasil nilai signifikansinya sebesar 0,008 (< 0,05) yang menunjukkan bahwa rata-rata jumlah mikroplastik berdasarkan bentuknya adalah berbeda secara signifikan.

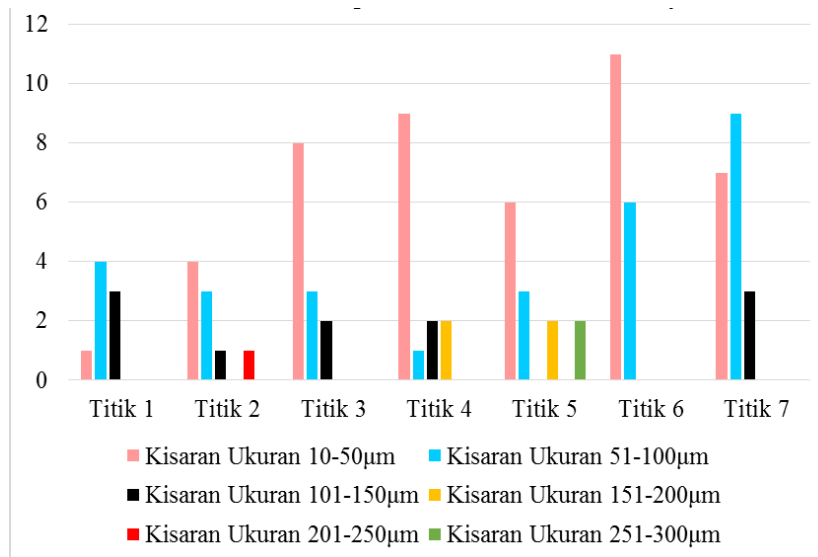
Tabel 3. Uji One Way ANOVA

ANOVA					
Jumlah					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	139.143	2	69.571	6.389	.008
Within Groups	196.000	18	10.889		
Total	335.143	20			

3.2. Hasil Mikroplastik Yang Ditemukan Berdasarkan Ukurannya

Mikroplastik yang diperoleh dari ekstraksi sebelumnya kemudian dihitung jumlahnya (Gambar 4) dan diamati menggunakan mikroskop Olympus dengan tipe SZ61 yang sudah dilengkapi kamera serta disambungkan ke laptop yang sudah terinstal aplikasi *ScopeImage*. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan perbesaran mikroskop yang berbeda-beda tergantung dengan obyeknya.

Hasil mikroplastik yang diperoleh dari titik 1 – 7 total berjumlah 93 partikel yang dikelompokkan kedalam bentuk fragmen, fiber, film dan pelet dan setelah digolongkan berdasarkan ukurannya, terdiri dari 46 partikel yang berukuran 10 – 50 μm , 29 partikel (ukuran 51 – 100 μm), 11 partikel (ukuran 101 – 150 μm), 4 partikel (ukuran 151 – 200 μm), 1 partikel (201 – 250 μm) dan 2 partikel untuk ukuran 251 – 300 μm .



Gambar 3. Diagram jumlah mikroplastik berdasarkan ukurannya

Mikroplastik yang tersebar di suatu daerah dipengaruhi pula oleh karakteristik wilayah itu sendiri baik dari kondisi fisika, kimia maupun biologinya. Kelimpahan di sungai, pantai, muara dapat berbeda. Seperti hasil penelitian mikroplastik yang dilakukan oleh Laila *et al.* (2020), dimana dalam penelitian yang dilakukan di Pantai Mangunharjo Semarang bahwa rata rata kelimpahan mikroplastik mempunyai hasil Stasiun I pada ekosistem pantai sebesar 8.107 partikel/m³, Stasiun II (ekosistem sungai) sejumlah 4.523 partikel/m³ sedangkan stasiun III (ekosistem mangrove) 3.585 partikel/m³. Perbedaan hasil kelimpahan mikroplastik di masing-masing stasiun dipengaruhi oleh adanya perbedaan aktivitas di masing-masing ekosistem tersebut. Di Pantai Mangunharjo terdapat kegiatan penangkapan ikan menggunakan jarring nylon, di sungai terdapat limbah hasil rumah tangga dan industri, begitupun dengan mangrove dan muara yang menjadi tempat penumpukan sampah. Sama halnya dengan Pulau Panjang yang merupakan pantai wisata sehingga mikroplastik yang diperoleh kemungkinan besar berasal dari kegiatan pariwisata di tempat tersebut. Jika dibandingkan dengan penelitian tersebut maka mikroplastik di sedimen lamun Pulau Panjang Jepara tergolong sedikit. Namun belum ada pedoman untuk mengategorikan apakah jumlah mikroplastik dalam suatu wilayah menggambarkan lingkungan yang tercemar

berat, sedang atau ringan. Gugus fungsi suatu senyawa dapat diketahui dengan menggunakan alat FT-IR. Prinsip kerja FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut (Sjahfirdi *et al.* 2015). *Mid-IR* ($400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$) adalah wilayah yang paling umum digunakan untuk analisis karena semua molekul memiliki frekuensi absorban karakteristik dan getaran molekul primer dalam kisaran ini. Uji FTIR sampel A, B dan C dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 secara berurutan. Bilangan gelombang khas sampel A dan sampel B dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 secara berurutan. Pengukuran variabel pendukung dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan uji yang telah dilakukan, puncak gelombang khas sampel A, sampel B dan sampel C berkisar $1466 - 3700 \text{ cm}^{-1}$.

Tabel 4. Bilangan gelombang khas sampel A

Bilangan Gelombang	Gugus Fungsi
3700	O-H, N-H
2900	C-H
1474	C=C, C=O

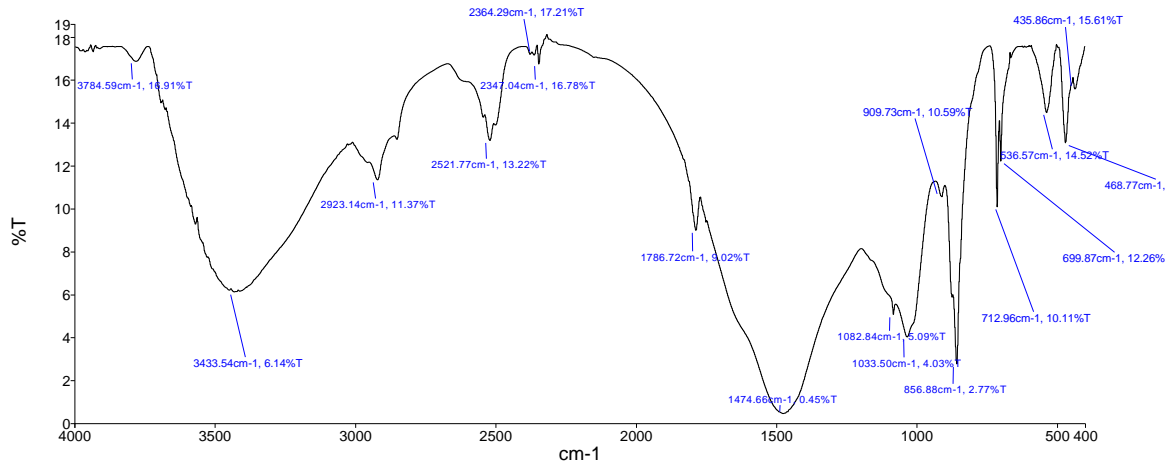
Tabel 5. Bilangan gelombang khas sampel B

Bilangan Gelombang	Gugus Fungsi
3500	N-H
2800	C-H
1466	C

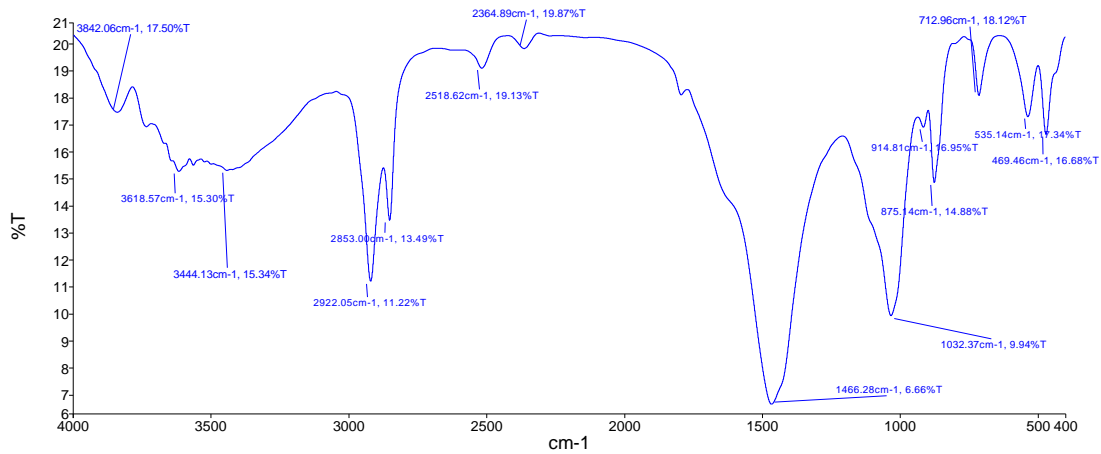
Tabel 6. Pengukuran variabel pendukung

Bilangan Gelombang	Gugus Fungsi
3400	N-H, OH
2900	C-H
1474	C=C, C=O

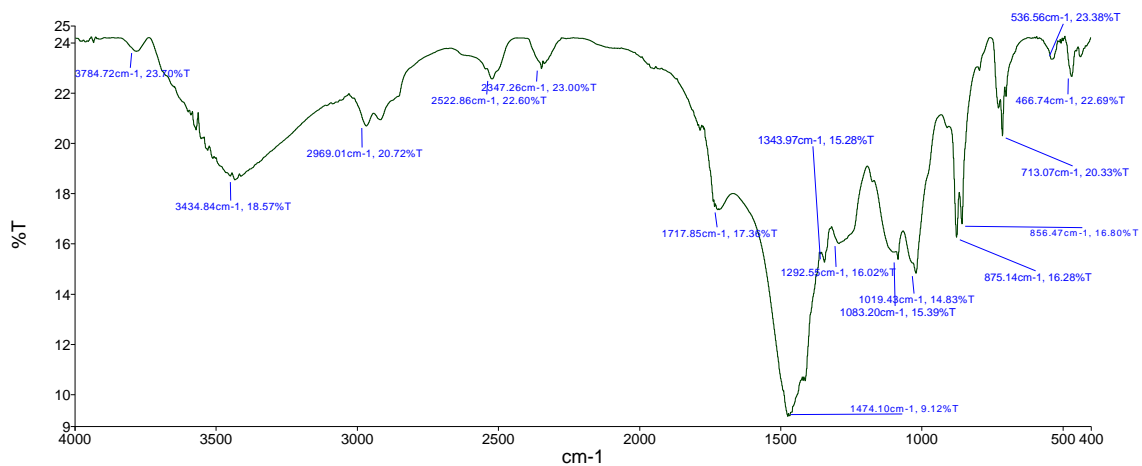
Kisaran tersebut menunjukkan bahwa senyawa yang terkandung merupakan jenis plastik PP (*polypropylene*). PP Adalah sebuah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya adalah untuk kantong plastik, gelas plastik, ember dan botol (Asgar dan Musaddad, 2006). Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya makroplastik yang tersaring merupakan bekas bungkus makanan (dapat dilihat kasat mata).



Gambar 4. Grafik FT-IR sampel A



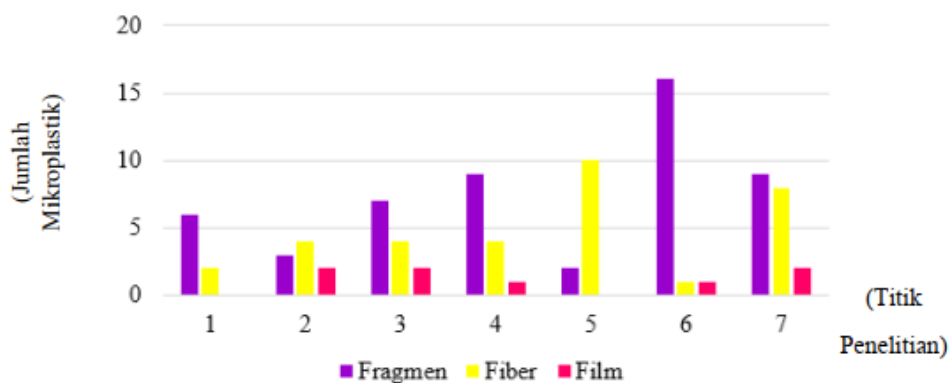
Gambar 5. Grafik FT-IR sampel B



Gambar 6. Grafik FT-IR sampel C

3.3. Faktor Yang Mempengaruhi Bentuk Mikroplastik

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, mikroplastik yang ditemukan dari titik 1-7 didominasi oleh bentuk fragmen sebanyak 51 buah. Pengelompokan mikroplastik berdasarkan bentuknya dapat dilihat pada Gambar 7. Menurut Septian *et al.* (2018), dijelaskan bahwa ciri utama dari mikroplastik fragmen adalah bentuknya yang berbentuk pecahan dari plastik, tidak seperti film yang berbentuk lembaran atau fiber yang berbentuk seperti serabut. Fragmen merupakan pecahan plastik pada sampah botol, toples, map mika dan potongan kecil pipa paralon. Dapat terlihat jelas di mikroskop, beberapa mikroplastik yang didapatkan merupakan pecahan dari kemasan suatu produk, misalnya kemasan makanan. Siregar dan Yealta (2018), menjelaskan bahwa sampah plastik laut bisa berasal dari daratan (*land-based sources*) atau aktivitas yang berbasis di perairan laut (*sea-based sources*), tetapi *land-based sources* menyumbang 80%. Meskipun begitu, menurut Tamminga *et al.*, (2018), bahwa sampah *in situ* dari penangkapan ikan atau pengiriman (komersial dan rekreasi) langsung menambah polusi mikroplastik di ekosistem laut.

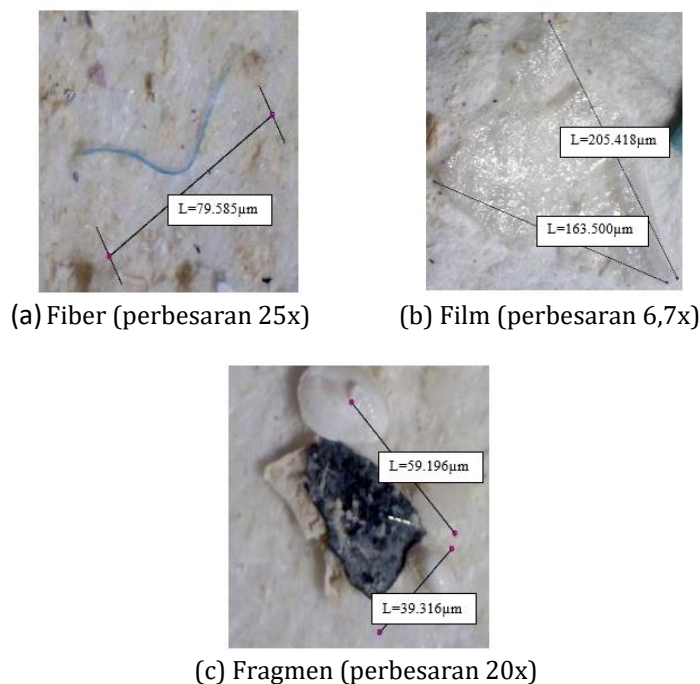


Gambar 7. Pengelompokan mikroplastik berdasarkan bentuknya

Warna mikroplastik yang diamati yaitu dominan biru dan merah, namun terdapat warna lain juga seperti hijau, hitam dan transparan. Selain mikroplastik, ditemukan juga makroplastik yang berukuran > 5 mm. Makroplastik tersebut sudah tidak utuh, dan tertimbun di dalam sedimen. Bentuk makroplastik yang tidak utuh bisa jadi sudah terpecah melalui berbagai proses, sehingga menjadi mikroplastik. Sumber sampah plastik lain berasal dari sampah rumah tangga, bungkus makanan, minuman, botol, sedotan dan lainnya yang digolongkan sebagai penyumbang limbah terbesar dan menyebabkan rusaknya keseimbangan lingkungan (Asia dan Arifin, 2017). *European Commission* (2011), menjelaskan bahwa di laut maupun darat, plastik cenderung terpecah menjadi ukuran yang lebih kecil, dipengaruhi oleh radiasi ultraviolet, gelombang dan angin. Plastik yang mengambang akan lebih mudah rusak

dibanding dengan yang tenggelam di dasar karena air dapat menyerap sinar UV, sedangkan jika di dasar tidak ada radiasi UV dan suhunya lebih dingin dibandingkan permukaan. Selain melalui proses fisika, pemecahan plastik juga dapat dipengaruhi secara biologi yaitu melalui konsumsi plastik oleh biota laut dan proses pemecahan oleh dekomposer.

Plastik yang sebelumnya berukuran besar, akan terpecah menjadi ukuran yang lebih kecil, begitu seterusnya dan tidak akan berhenti meskipun membutuhkan waktu yang lama. Menurut Klein *et al.*, (2018), dijelaskan bahwa degradasi mekanis tidak berhenti jika partikel berada di dalam kisaran ukuran plastik mikro, karena setelah berukuran mikro pun, akan terpecah menjadi ukuran nano. Plastik yang sudah terpecah menjadi berbagai bentuk dan ukuran akan tersebar ke berbagai kolom perairan. Menurut Costa *et al.*, (2009), dijelaskan bahwa plastik pelet dan fragmen sering ditemukan mengambang di permukaan laut, diendapkan di bagian bawah, atau di pantai berpasir. Jumlah mikroplastik yang ditemukan berdasarkan penelitian di sedimen lamun Pulau Panjang Jepara tergolong lebih sedikit dibandingkan dengan beberapa wilayah lain di Indonesia. Gambar dari mikroplastik yang ditemukan yaitu fiber, film dan fragmen dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Mikroplastik yang ditemukan

Lamun biasanya hidup di substrat berpasir. Menurut Setyawan, *et al.* (2014), dijelaskan bahwa substrat dasar pada lingkungan ekosistem lamun didominasi oleh pasir, termasuk di Pulau Panjang. Karakteristik substrat lamun di Pulau Panjang adalah berpasir putih dengan butiran yang tidak terlalu halus dan banyak tercampur dengan pecahan cangkang dan juga karang, karena di Pulau Panjang juga terdapat ekosistem karang.

3.4. Ancaman Mikroplastik Di Lamun

Lamun dapat tumbuh dengan baik di wilayah tropis dan di perairan dangkal. Pengaruh lamun terhadap sedimen yaitu daun lamun dapat memperlambat arus dan menahan sedimen, sehingga sedimen akan terendap di dasar perairan. Menurut Sjafrie *et al.* (2018), bahwa padang lamun menangkap dan menstabilkan sedimen, sehingga air menjadi lebih jernih. Ketika gelombang air mengenai padang lamun, energinya menjadi turun, sehingga sedimen yang terlarut di air bisa mengendap ke dasar laut. Ketika sedimen terendapkan di dasar, sistem perakaran padang lamun menjebak dan menstabilkan sedimen tersebut.

Semakin rapat dan lebat lamun, maka kemampuan sebagai *sediment trapper* semakin kuat dan sedimen yang terperangkap akan semakin banyak. Proses pengumpulan sedimen oleh padang lamun akan membuat gundukan pada dasar perairan, yang dapat digunakan sebagai habitat bagi hewan asosiasi (Azkab, 2014). Air yang mengalir membawa sedimen, nutrisi, sampah, dan material lainnya. Sampah yang terbawa akan terendap dan mengambang di permukaan. Sampah (plastik) yang terendap di sedimen akan terurai menjadi ukuran yang lebih kecil melalui berbagai proses, meskipun membutuhkan waktu yang lama.

Mikroplastik mengancam biota bentik dan pelagis, apalagi pada perairan yang dangkal, dimana karakteristik perairan yang dangkal adalah airnya yang mudah tercampur, sehingga kemungkinan biota memakan mikroplastik lebih besar, dalam hal ini lamun di Pulau Panjang tergolong berada di kedalaman yang dangkal. Mikroplastik berpotensi mengancam lebih serius dibanding dengan material plastik yang berukuran besar sebagai organisme yang mendiami tingkatan tropik yang lebih rendah, seperti plankton yang mempunyai partikel rentan terhadap proses pencernaan mikroplastik sebagai akibatnya dapat mempengaruhi organisme tropik tingkat tinggi melalui proses bioakumulasi (Dewi *et al.* 2015).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, mikroplastik sudah menyebabkan kematian pada organisme laut yang berukuran besar seperti mamalia laut, burung laut dan penyu (Coppock *et al.*, 2017; Cordova *et al.*, 2018). Bahkan, menurut Nerland *et al.*, (2014), dijelaskan bahwa

beberapa biota bentik sudah terbukti menelan mikroplastik yaitu tiram, kerang biru, lobster, dan teritip. Bagi biota asosiasi, keberadaan mikroplastik di ekosistem lamun menjadi ancaman yang serius salah satunya bagi teripang. Teripang (*Holothuroidea*) merupakan salah satu biota bentos penghuni daerah pesisir khususnya di lingkungan terumbu karang dan lingkungan pantai berlamun (Ardiannanto *et al.* 2014). Beberapa jenis teripang sudah ditemukan mengonsumsi mikroplastik diantaranya *Holothurians* (teripang) *Thyonella gemmate*, *Holothuria floridana*, *Holothuria grisea* dan *Cucumaria frondosa* (Wright *et al.*, 2013).

4. KESIMPULAN

Total mikroplastik yang ditemukan dari 7 titik berjumlah 93 partikel. Titik 1 sejumlah 8 partikel, titik 2 sejumlah 9 partikel, titik 3 sejumlah 13 partikel, titik 4 sejumlah 14 partikel, titik 5 sejumlah 12 partikel, titik 6 sejumlah 18 partikel dan titik 7 sejumlah 19 partikel. Bentuk mikroplastik yang ditemukan terdiri fragmen berjumlah 51 partikel (54,83%), fiber 34 partikel (36,56%) dan film sebanyak 8 partikel (8,6%). Berdasarkan uji FT-IR yang telah dilakukan terhadap 3 sampel perwakilan yaitu sampel A, sampel B dan sampel C, puncak gelombang khas ketiga titik tersebut berkisar $1466-3700\text{ cm}^{-1}$ dengan gugus fungsi N-H, O-H, C-H, C=C dan C=O dimana kisaran tersebut menunjukkan bahwa senyawa yang terkandung merupakan jenis plastik PP (*polypropylene*).

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiannanto, R., Sulardiono, B., dan Purnomo, P.W. (2014). Studi Kelimpahan Teripang (*Holothuriidae*) pada Ekosistem Lamun Dan Ekosistem Karang Pulau Panjang Jepara. *Diponegoro Journal Of Maquares*, 3(2): 66-73
- Asia dan Arifin, M. Z. (2017). Dampak Sampah Plastik Bagi Ekosistem Laut. *Pojok Ilmiah*, 14 (1): 44-48.
- Azkab, M.H. (2014). Peran Padang Lamun untuk Kehidupan Hewan Asosiasi. *Oseana*, 39(2): 49-54.
- Coppock R. L., Cole M., Lindeque P. K., Queiros A. M., and Galloway T. S. (2017) A smallscale, portable method for extracting microplastics from marine sediments. *Environmental Pollution*, 230:829-837.
- Cordova, M.R., Hadi, T.A and Prayudha, B. (2018). *Occurrence And Abundance Of Microplastics In Coral Reef Sediment: A Case Study In Sekotong, Lombok-Indonesia*. *AES Bioflux*, 10 (1).

- Costa, M.F., Ivar do Sul, J.A., Da Silva, J.S., Araujo, M.C.B., Spengler, A and Tourinho, P.S. (2009). On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach. *Environ Monit Assess*, 168(1-4) :299 - 304
- Dewi, I. S., Budiarsa A. A dan Ritonga I. R. (2015). Distribusi Mikroplastik pada Sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *DEPIK*, 4(3):121-131
- European Commission. (2011). Plastic Waste: Ecological and Human Health Impacts. Science for Environment Policy. In-depth Reports
- Hamdalah, A. (2013). Efektivitas Media Cerita Bergambar Dan Ular Tangga dalam Pendidikan Kesehatan Gigi dan Mulut Siswa SDN 2 Patrang Kabupaten Jember. *Jurnal Promkes*, 1(2): 118–123
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., and Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6): 3060-3075
- Hollman, P., Bouwmeester, H., and Peters R.J.B. (2013). Microplastics in Aquatic Food Chain: Sources, Measurement, Occurrence and Potential Health Risks. RIKILT-Institute of Food Safety Research report: Wageningen
- Klein, S., Dimzon, I.K., Eubeler, J., and Knepper, T.P. (2018). Analysis, Occurrence, and Degradation of Microplastics in the Aqueous Environment. *Hdb Env Chem*, 58.
- Laila, Q.N., Purnomo, P.W., dan Jati, O.E. (2020). Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Di Desa Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(1): 28-34
- Mathalon, A and Hill, P. (2014). Microplastic Fibers in the Intertidal Ecosystem Surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1): 69-79
- Miswanto dan Safaat, M. (2002). Dampak Pembangunan Industri Pariwisata terhadap Alih Fungsi Lahan (Studi Tentang Kehidupan Sosial Budaya Masyarakat Desa Teluk Bakau, Kecamatan Gunung Kijang, Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau). *Jurnal Antropologi: Isu-Isu Sosial Budaya*, 20 (1): 45-55
- Munasik., Sugianto, D.N., Pranowo, W.S., Suharsono., Situmorang, J., dan Kamiso, H.N. (2006). Pola Arus dan Kelimpahan Karang *Pocillopora damicornis* di Pulau Panjang, Jawa Tengah. *Ilmu Kelautan*, 11(1): 11-18
- Nerland, I.L., Halsband, C., Allan, I., and Thomas, K.V. (2014). Microplastics in Marine Environments: Occurrence, Distribution and Effects. Akvaplan-Niva, Tromsø, Norway. Reports No. 6754-2014

PPK-K3PK. Kementerian Kelautan dan Perikanan.

Prasetya, D.K., Ruswahyuni dan Widyorini, N. (2015). Hubungan Antara Kelimpahan Hewan Makrobenthos dengan Kerapatan Lamun yang Berbeda di Pulau Panjang dan Teluk Awur Jepara. *Diponegoro Journal Of Maquares*, 4 (4): 155-163

Purba, N.P., Apriliani, I.M., Dewanti, L.D., Herawati, H., and Faizal, I. (2018). Distribution of Macro Debris at Pangandaran Beach, Indonesia. *World Scientific News*, 103: 144-156

Puteri, I., Aliya, R., dan Muhammad, S.A. (2018). Penerapan *Plastic Deposit Refund System* Sebagai Instrumen Penanggulangan Pencemaran Limbah Plastik di Wilayah Perairan Indonesia. *Jurnal Hukum Lingkungan*, 4(2): 129-150

Ruiz, C.E., Esteban, M.A., and Cuesta, A. (2016). Microplastics in Aquatic Environments and Their Toxicological Implications for Fish. InTech Open: London United Kingdom (UK)

Septian, F.M., Purba, N.P., Agung, M.U.K., Yuliadi, L.P.S., Akuan, L.F., dan P.G. Mulyani. 2018. Sebaran Spasial Mikroplastik di Sedimen Pantai Pangandaran, Jawa Barat. *Jurnal Geomaritim Indonesia*, 1(1): 1-8

Setyawan, B., Sulardiono, B., dan Purnomo, P.W. (2014). Kelimpahan Bulu Babi (*Sea Urchin*) pada Ekosistem Terumbu Karang dan Ekosistem Padang Lamun di Pulau Panjang, Jepara. *Diponegoro Journal Of Maquares*, 3(2): 74-81

Siregar, J dan Yealta, D. (2019). Peran United Nations Environment Programme (UNEP) dalam Menangani Polusi Marine Plastic Debris di Laut Asia Timur. *JOM Fisip*, 6 (I.) 1-13

Sjafrie, N.D.M., Hernawan, U.E., Prayudha, B., Supriyadi, L.H., Iswari, M.Y., Rahmat., Anggraini, K., Rahmawati, S dan Suyarso. (2018). Status Padang Lamun 2018 Ver. 02. Puslit Oseanograf – LIPI: Jakarta

Supriadi., Kaswadji, R.F., Bengen, D.G., dan Hutomo, M. 2012. Komunitas Lamun di Pulau Barranglompo Makassar: Kondisi dan Karakteristik Habitat. *Jurnal Maspari*, 4 (2). 148-158

Tamminga, M., Hengstmann, E., and Fischer, E.K. (2018). Microplastic Analysis In The South Funen Archipelago, Baltic Sea, Implementing Manta Trawling And Bulk Sampling. *Marine Pollution Bulletin*, 128 (2018) : 601–608

Veerasingam, S., Ranjani, M., Venkatachalapathy, R., Bagaev, A., Mukhanov, V., Litvinyuk, D., Mugilarasan, M., Gurumoorthi, K., Gunganathan, L., Aboobacker, V.M., and Vethamony, P. (2020). Contributions of Fourier Transform Infrared Spectroscopy

- In Microplastic Pollution Research: A Review. *Environmental Science and Technology*, 51(2021) :1-63.
- Welch, E.B. (1980). *Ecological Effect of Waste*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Widianarko, B dan Hantoro,I. (2018). Mikroplastik dalam *Seafood* Dari Pantai Utara Jawa. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
- Woodall, L.C., Sanchez-Vidal,A., Canals,M., Paterson,G.L.J ., Coppock,R., Sleight,V., Calafat,A., Rogers,A.D., Narayanaswamy,B.E., and Thompson,R.C. (2015). The Deep Sea is a Major Sink for Microplastic Debris. *Royal Society Open Science*, 1 (140317).[h](#)
- Wright, S.L., Thompson, R.C., and Galloway,T.S. (2013). The Physical Impacts of Microplastics on Marine Organisms: A Review. *Environmental Pollution*, 178: 483-492
- Yoo, J.W., Doshi,N., and Mitragotri,S. (2011). Adaptive Micro and Nanoparticles: Temporal Control Over Carrier Properties to Facilitate Drug delivery. *Advance Drug Delivery Reviews*, 63 (14-15): 147-1256
- Yudhantari, C.I.A.S., Hendrawan, I.G., dan Puspitha, N.L.P.R. (2019). Kandungan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Lemuru Protolan (*Sardinella lemuru*) Hasil Tangkapan di Selat Bali. *JMRT*, 2(2): 48-52

PENURUNAN KADAR *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DAN FOSFAT PADA LIMBAH LAUNDRY DENGAN METODE ADSORPSI

Pungut¹⁾, Muhammad Al Kholif¹⁾, Wilda Diah Indah Pratiwi¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Surabaya

Email: pungutasromo@unipasby.ac.id

Abstrak

Meningkatnya jumlah pengusaha laundry di kota-kota besar berakibat pada meningkatnya jumlah pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh jasa pencucian pakaian. Pencemaran dari jasa laundry banyak mengandung kadar pencemar seperti Chemical Oxygen Demand (COD), fosfat dan lain sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji seberapa besar efektivitas jenis media dan tinggi media dalam meremoval kadar COD dan Fosfat dalam air limbah laundry. Metode yang diterapkan adalah dengan sistem adsorpsi bermedia karbon aktif dan zeolit yang disusun dalam satu rangkaian reaktor berskala laboratorium dengan ketinggian media 40 cm dan 60 cm. Reaktor penelitian terdiri dari 4 reaktor yang bersisi media karbon aktif dan zeolit. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi kadar COD bermedia karbon aktif pada reaktor 1 yaitu sebesar 72.48%. Efisiensi tertinggi untuk kadar COD bermedia zeolit pada reaktor 3 yaitu sebesar 64.55%. Sedangkan untuk kadar fosfat yang bermedia karbon aktif efisiensi penurunan pada reaktor 2 yaitu sebesar 92.09%, sedangkan yang bermedia zeolite dengan efisiensi tertinggi didapatkan pada reaktor 4 yaitu sebesar 96.44%. Media yang paling efektif dalam menurunkan kadar COD adalah media karbon aktif, sedangkan untuk menurunkan kadar fosfat adalah media zeolite. Sedangkan tinggi media yang efektif dalam menurunkan kadar COD adalah karbon aktif dengan tinggi 40 cm, sedangkan menurunkan kadar fosfat adalah zeolit dengan tinggi 60 cm.

Kata kunci : COD, Fosfat, Karbon Aktif, Zeolit

Abstract

The large number of laundry in big cities also results in a lot of environmental pollution produced by these laundry services. Pollution from laundry services contains a lot of contaminants such as Chemical Oxygen Demand (COD), phosphate and so on. This study aims to examine how much the effectiveness of the type of media and the height of the media in removing COD and phosphate levels in laundry wastewater. The method applied is an adsorption system using activated carbon and zeolite media which is arranged in a series of laboratory scale reactors with media heights of 40 cm and 60 cm. The research reactor consisted of 4 reactors containing activated carbon and zeolite media. The results showed that the efficiency of COD levels using activated carbon media in reactor 1 was 72.48%. The highest efficiency for COD levels using zeolite media in reactor 3 is 64.55%. Meanwhile, for the phosphate content with activated carbon media, the reduction efficiency in reactor 2 was 92.09%, while the zeolite media with the highest efficiency was found in reactor 4, which was 96.44%. The media that was most effective in reducing COD levels was activated carbon media, while zeolite media was used to reduce phosphate levels. Moreover the height of the medium that was effective in reducing COD levels was activated carbon with a height of 40 cm, while lowering the levels of phosphate was a zeolit with a height of 60 cm.

Keywords: Activated Carbon, COD, Phosphate, Zeolit

1. PENDAHULUAN

Jasa pencucian yang sering kali digunakan sebagai alternatif dalam menangani permasalahan tingkat kesibukan di kota-kota besar adalah laundry. Laundry sering kali dimanfaatkan oleh sebagian besar penduduk di kota-kota besar seperti Surabaya untuk mencuci pakaian karena kurangnya waktu yang dimiliki untuk mencuci pakaian sendiri. Sebagian besar para usaha laundry tidak memiliki suatu sistem pengolahan limbah cair yang dihasilkan. Seperti yang

Dikirim/submitted: 21 Mei 2021

Diterima/accepted: 28 Mei 2021

telah diketahui bahwa limbah *laundry* mengandung banyak pencemar seperti BOD, COD, dan Fosfat yang tinggi. Proses kerja dari usaha *laundry* ini sangatlah konvensional yaitu mencampurkan air dengan deterjen yang mengandung surfaktan karena deterjen memiliki kesadahan yang lebih baik daripada air sabun, tetapi limbah yang dihasilkan oleh surfaktan juga dapat mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan oleh pemilik usaha *laundry*.

Konsentrasi kandungan polutan dalam air limbah *laundry* telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Parameter yang konsentrasinya sangat tinggi adalah surfaktan dan COD (Hudori, 2008). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah yang dapat dioksidasi melalui proses biologis dan berdampak negatif sehingga mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Nilai konsentrasi COD pada umumnya lebih besar dari BOD (Sugito, 2017). Fosfat adalah unsur dalam suatu batuan beku (apatit) atau sedimen dengan kandungan fosfor ekonomis. Sebagai contoh sumber fosfat yang besar adalah deterjen. Di Indonesia belum ada suatu upaya khusus untuk menangani masalah pencemaran yang bersumber dari aktivitas *laundry*. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah dengan mengganti rantai bercabang pada Alkyl Benzen Sulfonate (ABS) menjadi rantai lurus Linier Alkyl Sulfonate (LAS) yang mudah dibiodegradasi (Cony, 2012).

Bahan kimia yang terkandung dalam air limbah *laundry* bersumber dari konsentrasi yang tinggi pada deterjen seperti kadar fosfat, surfaktan, amoniak dan nitrogen, kadar padatan terlarut (TSS), kekeruhan, BOD dan COD (Ahmad and EL-Dessouky, 2008). Penggunaan deterjen yang banyak akan menyebabkan pendangkalan pada perairan akibat semakin meningkatnya akumulasi surfaktan pada bahan-bahan perairan. Hasil uji awal sampel air limbah *laundry* menunjukkan angka COD sebesar 265,7 mg/L dan fosfat sebesar 13,78 mg/L. angka tersebut jelas melebihi baku mutu air limbah berdasarkan perturan Gubernur Jawa Timur nomor 52 Tahun 2014.

Adsorpsi adalah proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori dalam butiran adsorben. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya energi permukaan dan gaya tarik menarik permukaan (Asip *et al.*, 2008). *Activated carbon* adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta mempunyai kemampuan daya jerap (adsorpsi) yang baik. *Activated carbon* digunakan sebagai bahan pemucat (penghilang zat warna), penjerap gas, penjerap logam, dan sebagainya. Dari bahan tersebut yang paling sering dipergunakan sebagai bahan adsorben adalah *activated carbon* (Rahayu, 2004).

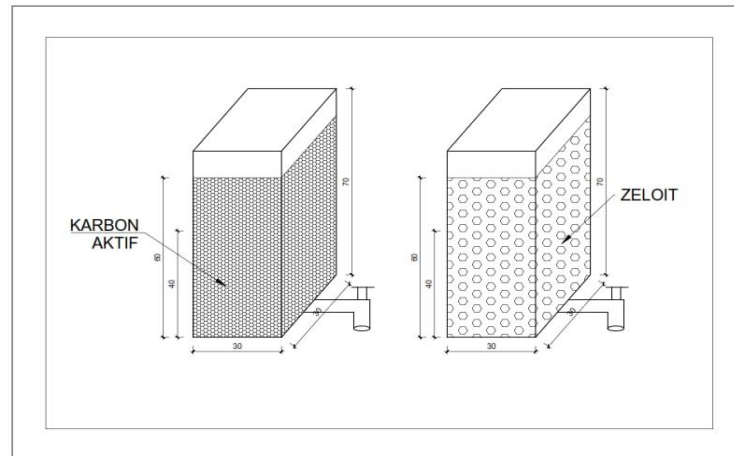
Zeolit adalah material berpori dan memiliki beberapa kandungan mineral dominan (SiO_4 dan AlO_4) yang saling berhubungan oleh atom-atom oksigen sedemikian rupa. Air limbah yang dihasilkan dari proses *laundry* langsung di buang ke badan air tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Untuk menghindari tercemarnya lingkungan yang diakibatkan pembuangan limbah yang tidak terkontrol, maka seharusnya setiap usaha *laundry* diwajibkan memiliki unit pengolahan limbah. Untuk mengatasinya diperlukan suatu metode penanganan limbah. Salah satu pengolahan limbah *laundry* yang dapat dilakukan dengan menggunakan filter dengan media karbon aktif dan zeolit. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji seberapa besar efektivitas, jenis media dan tinggi media dalam meremoval kadar COD dan Fosfat dalam air limbah *laundry*. Penelitian yang dilakukan oleh Sisyanreswari *et al.*, (2012) menyatakan bahwa pengolahan limbah *laundry* menggunakan media zeolit dengan ketinggian media 40 cm dan waktu tinggal 120 menit diperoleh efisiensi penurunan COD sebesar 69,55% dan fosfat sebesar 90,79%.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan mengamati pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah jenis media dan tinggi media yang digunakan untuk menurunkan kadar COD dan fosfat pada air limbah *laundry*. Jenis media yang digunakan yaitu media karbon aktif dan zeolit dengan variasi ketinggian media 40 cm dan 60 cm. masing-masing reaktor hanya berisi satu jenis media dengan ketinggian media yang sudah ditentukan. untuk memudahkan dalam pengelompokan data penelitian, maka dibuat kode variasi tinggi media seperti R1 : Karbon Aktif 40 cm, R2 : Karbon Aktif 60 cm, R3 : Zeolit 40 cm, dan R4 : Zeolit 60 cm. Sedangkan variabel terikat pada penelitian ini adalah parameter kadar COD dan Fosfat. Lokasi tempat pengambilan sampel air limbah *laundry* yang dilakukan pada penelitian ini di “Ayu Laundry” Desa Dukuh Menanggal Kecamatan Gayungan Kota Surabaya dan Balai Besar Laboratorium Kesehatan Kota Surabaya (BBLK) merupakan tempat analisis sampel air limbah *laundry*. Waktu pengamatan yang dilakukan ialah selama 5 hari, dengan replikasi 2 kali.

Tahapan persiapan pada penelitian ini meliputi persiapan alat, bahan, seeding, aklimatisasi dan pengambilan sampel. Jumlah reaktor olahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 4 buah reaktor yang bersisiskan media karbon aktif dan zeolit. Reaktor olahan terbuat dari bahan akrilik dengan ketebalan 4 mm. Dimensi untuk ke empat reaktor yaitu panjang 30 cm, lebar 30 cm dan tinggi 70 cm. Tinggi media yang digunakan adalah 40 cm dan 60 cm. Data yang diperoleh dari hasil penelitian disajikan secara deskriptif dengan menggunakan

grafik sehingga dapat diketahui besarnya efisiensi penurunan kadar COD dan fosfat pada masing-masing reaktor dengan jenis dan variasi tinggi media. Gambar 1 merupakan rangkaian reaktor percobaan yang digunakan untuk mengolah air limbah *laundry*.



Gambar 1. Reaktor Penelitian

Sistem aliran yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan sistem *upflow continue*. Debit aliran yang digunakan yaitu sebesar 15 L/hari dengan menggunakan valve sebagai pengatur debit agar aliran alir *constant*. Variabel besas yang diterapkan dalam penelitian ini adalah variasi media dan variasi ketinggian media. Media yang digunakan yaitu media karbon aktif dan media zeolit dengan ketinggian media 40 cm dan 60 cm. variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar COD dan fosfat. Metode analisis yang digunakan yaitu mengukur tingkat efisiensi penurunan beban pencemar dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Persentase penurunan} = \frac{C_o - C_i}{C_o} \times 100 \% \quad (1)$$

dengan C_o : Konsentrasi COD atau fosfat *Inlet*

C_i :Konsentrasi COD atau fosfat *Outlet*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari seluruh rangkaian percobaan yang telah dilakukan diperoleh hasil penelitian yang kemudian dikelompokkan dan analisa sehingga diperoleh hasil dan pembahasan. Tahapan penelitian yang dilakukan ialah *seeding* dan aklimatisasi, proses kinerja reaktor dengan perbedaan jenis dan variasi media dalam menurunkan kadar COD dan fosfat.

Karakteristik Awal Air Limbah Laundry

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa pada saat pengusaha laundry melakukan aktivitas dalam mencuci pakaian dan air sisa cucian langsung dialirkan ke saluran drainase ditemukan kondisi air yang berwarna kecoklatan dan berbusa. Kondisi ini terus berlanjut sampai aktivitas mencuci pakaian dihentikan. Hal tersebut sudah bisa dipastikan bahwa kondisi perairan akan tercemar oleh kadar COD dan fosfat. Pada uji karakteristik awal didapatkan hasil yang digunakan pada percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Awal Air Limbah Laundry

Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Kadar (mg/L)
COD	250	265.7
Fosfat	10	13.78

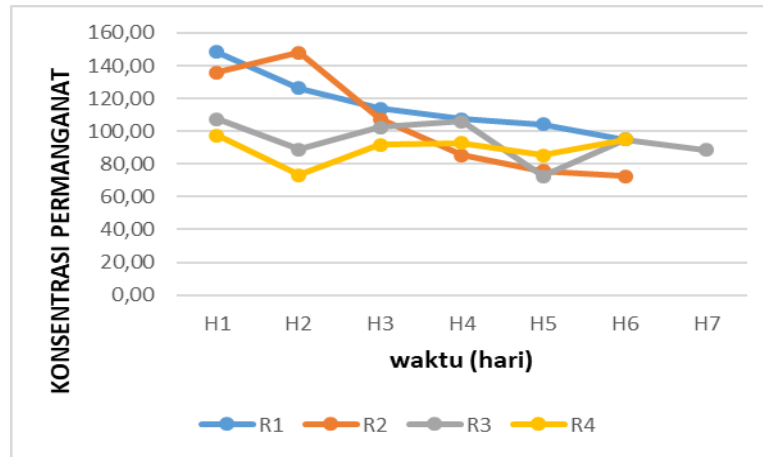
Sumber: Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya dan Buku mutu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/ atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Pada Tabel 1. dapat dijelaskan bahwa karakteristik air limbah *laundry* melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur 72 Tahun 2013 . Air limbah *laundry* mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang tinggi antara lain fosfat, surfaktan, ammonia, dan nitrogen serta kadar padatan terlarut (Majid *et al.*, 2017). Limbah *laundry* yang tidak memenuhi baku mutu apabila dibuang tanpa diolah terlebih dahulu maka akan menyebabkan eutrofikasi dimana badan air menjadi kaya akan nutrient terlarut, menyebabkan alga boom serta dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut sehingga akan mengakibatkan kematian terhadap biota air (EPA, 2009). Sehingga percobaan ini digunakan metode adsorpsi untuk menurunkan kadar COD dan fosfat agar dapat memenuhi baku mutu.

Seeding dan Aklimatisasi

Pelaksanaan *seeding* dan aklimatisasi dilakukan selama tujuh hari pada empat reaktor percobaan untuk mencapai kondisi *steady state*. Tahap *seeding* dilakukan untuk penumbuhan mikroorganisme yang digunakan untuk penelitian (Indriyati, 2003), sedangkan tahap aklimatisasi dilakukan untuk mengadaptasikan mikroba yang terbentuk dengan bahan organik yang akan diolah (Andary, 2010). Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Parameter uji untuk mengetahui proses *seeding* adalah dengan menganalisis kadar Kalium Permanganat (KMnO_4) pada setiap reaktor. Reaktor 1, 2, dan 4 telah mengalami kondisi *steady state* pada hari ke enam, dan pada Reaktor ke 3 mengalami kondisi *steady state* pada hari ke tujuh. Hal ini dikarenakan pertumbuhan bakteri pada daya serap pada media zeolite dengan ketinggian 40 cm kurang

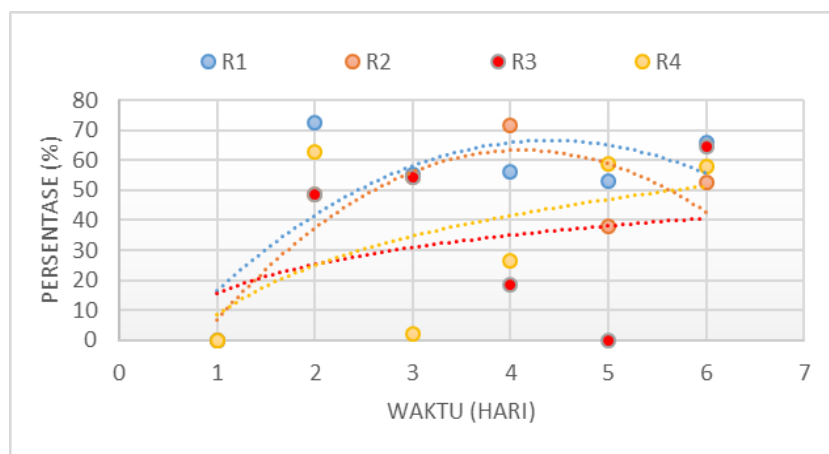
ekfetiif pada hari ke enam, maka diperlukan hari tambahan untuk mendapatkan kondisi yang *steady state*. Mikroorganismen dalam proses seadings berpengaruh terhadap penurunan kadar COD pada air limbah laundry. Grafik pengujian nilai $KMnO_4$, seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Angka Kalium Permanganat ($KMnO_4$)

Efisiensi penurunan COD

Pada penelitian ini dilakukan analisa mengenai efisiensi penurunan kadar COD yang dihasilkan sebelum dan sesudah *treatment*. Pengaruh jenis media dan variasi tinggi media terhadap efisiensi penurunan beban pencemar COD dapat diketahui setelah reaktor adsorpsi beroperasi. Sehingga didapatkan grafik efisiensi yang akan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Efisiensi Penurunan COD

Keterangan:

R1 : Karbon Aktif 40 cm

R2 : Karbon Aktif 60 cm

R3 : Zeolit 40 cm

R4 : Zeolit 60 cm

Pada Gambar 1 terjadi fluktuasi yang cukup signifikan pada kadar COD dengan media karbon aktif maupun zeolit. Pada *treatment* reaktor 1 didapatkan efisiensi tertinggi pada hari ke 1 dengan persentase 72.48% dengan penyisihan kadar diperoleh 73.13 mg/L dan efisiensi terendah pada hari ke 4 dengan persentase 53.09% dan kadar 124.64 mg/L, sehingga diperoleh rata-rata persentase 60.58% dengan kadar 104.74 mg/L. Pada *treatment* reaktor 2 didapatkan efisiensi tertinggi pada hari ke 3 dengan persentase 71.66% dengan kadar diperoleh 75.3 mg/L dan efisiensi terendah pada hari ke 4 dengan persentase 38.03% dan kadar 164.65 mg/L, sehingga diperoleh rata-rata persentase 53.04% dengan kadar 124.78 mg/L. Pada *treatment* reaktor 3 didapatkan efisiensi tertinggi pada hari ke 5 dengan persentase 64.55% dengan kadar diperoleh 94.18 mg/L dan efisiensi terendah pada hari ke 4 dengan persentase 0.04% dan kadar 256.6 mg/L, sehingga diperoleh rata-rata persentase 37.14% dengan kadar 167.03mg/L. Pada *treatment* reaktor 4 didapatkan efisiensi tertinggi pada hari ke 1 dengan persentase 62.86% dengan kadar diperoleh 98.68 mg/L dan efisiensi terendah pada hari ke 2 dengan persentase 1.98% dan kadar 260.45 mg/L, sehingga diperoleh rata-rata persentase 41.61% dengan kadar 155.16 mg/L.

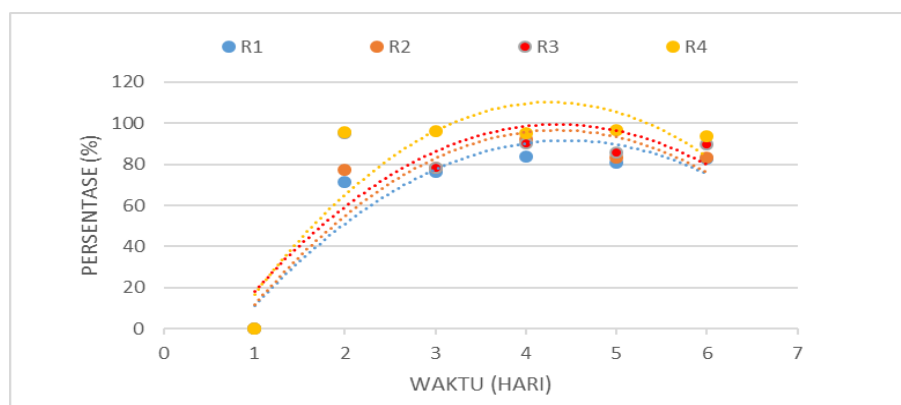
Perubahan parameter COD tersebut dikarenakan beberapa faktor yang dapat menyebabkan hasil uji lab fluktuasi salah satunya yakni kurangnya waktu kontak antara media dengan air limbah dan diameter media pun berpengaruh untuk keefektivitasan pejerapan COD yang dilakukan oleh media. Selain itu mikroorganisme yang menempel pada media kebanyakan pengolahan menyimpulkan bahwa adsorpsi mempunyai mekanisme yang cukup sederhana dan lebih efektif dengan menggunakan pori-pori yang kecil (Junior, 2016). Mikroorganisme yang menempel pada media ikut berperan dalam menurunkan kadar COD pada air limbah. Penambahan ketinggian zeolit tidak dapat mempengaruhi penyisihan COD. Penurunan kadar COD ini disebabkan semakin tinggi bahan isian yang digunakan maka semakin besar nilai efisiensi penyisihan kadar COD yang dihasilkan karena adanya penambahan volume pada media zeolit. Hal ini menyebabkan berkurangnya luas permukaan aktif dari adsorben sehingga proses penjerapan tidak efektif yang menyebabkan berkurangnya kapasitas penjerapan (Afrianita *et al.*, 2010).

Penelitian Sisyanreswari dkk (2012) menyatakan bahwa pengolahan limbah *laundry* menggunakan media zeolit dengan ketinggian 40 cm dan waktu tinggal 120 menit diperoleh

efisiensi penurunan COD sebesar 69,55%, sedangkan menurut penelitian Halim (2014), menyatakan bahwa pengolahan limbah *laundry* menggunakan *biosand* filter karbon aktif dalam menurunkan COD mempunyai efektivitas maksimum sebesar 93.26%. Efisiensi adsorpsi tergantung pada sifat hidrofobik antara molekul surfaktan dan permukaan adsorben yang digunakan (Krishnan *et al.*, 2016). Sedangkan menurut penelitian Setyobudiarso dan Yuwono (2014) menyatakan bahwa pengolahan air limbah laundry menggunakan filtrasi dengan bahan pasir silika, zeolit dapat mereduksi COD, TSS dan warna dengan tekanan 2 Bar dan waktu 60 menit dari kadar awal 2242.5 mg/L menjadi 746 mg/L. Menurut penelitian Haderiah dan Dewi (2015) menyatakan bahwa pengolahan dengan proses koagulasi dan filtrasi dengan media pasir dan zeolit dapat menurunkan kadar COD hingga mencapai 75.43%.

Efisiensi penurunan Fosfat

Pada penelitian ini dilakukan analisa mengenai efisiensi penurunan kadar fosfat yang dihasilkan sebelum dan sesudah *treatment* Pengaruh jenis dan variasi tinggi media terhadap efisiensi penurunan beban pencemar fosfat dapat diketahui setelah reaktor adsorpsi beroperasi. Fosfat adalah unsur dalam suatu batuan beku (apatit) atau sedimen dengan kandungan fosfor ekonomis. Sebagai contoh sumber fosfat yang besar adalah deterjen. Fosfat berada dalam air limbah dalam bentuk organik sebagai *orthophospat* anorganik atau sebagai fosfat–fosfat kompleks. Setelah dilakukan sampling dan uji laboratoirum, sehingga didapatkan grafik yang akan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Efisiensi Penurunan Fosfat

Pada Gambar 4 terjadi fluktuasi pada kadar Fosfat dengan media karbon aktif maupun zeolite dengan hasil yang hampir stabil. Pada *treatment* reaktor 1 didapatkan efisiensi tertinggi pada hari ke 3 dengan persentase 83.60% dengan kadar diperoleh 2.26 mg/L dan efisiensi terendah

pada hari ke 1 dengan persentase 71.55% dan kadar 3.92 mg/L, sehingga diperoleh rata-rata persentase 78.97% dengan kadar 2.90 mg/L. Pada *treatment* reaktor 2 didapatkan efisiensi tertinggi pada hari ke 3 dengan persentase 92.06% dengan kadar diperoleh 1.09 mg/L dan efisiensi terendah pada hari ke 1 dengan persentase 77.36% dan kadar 3.12 mg/L, sehingga diperoleh rata-rata persentase 82.87% dengan kadar 2.36 mg/L. Pada *treatment* reaktor 3 didapatkan efisiensi tertinggi pada hari ke 1 dengan persentase 94.92% dengan kadar diperoleh 0.70 mg/L dan efisiensi terendah pada hari ke 2 dengan persentase 78.16% dan kadar 3.01 mg/L, sehingga diperoleh rata-rata persentase 87.65% dengan kadar 1.70 mg/L. Pada *treatment* reaktor 4 didapatkan efisiensi tertinggi pada hari ke 4 dengan persentase 96.44% dengan kadar diperoleh 0.49 mg/L dan efisiensi terendah pada hari ke 5 dengan persentase 93.47% dan kadar 0.90 mg/L, sehingga diperoleh rata-rata persentase 95.39% dengan kadar 0.64 mg/L.

Hasil data di atas menunjukkan rata-rata penyisihan tertinggi terjadi pada hari ke-3 yang menandakan bahwa adsorpsi pada media yang digunakan dalam menyisihkan kadar pencemar sudah mulai bekerja secara maksimal. Air limbah yang sudah mengandung mikroba patogen juga ikut berperan dalam menurunkan kadar pencemar ketika berada dalam reaktor pengolahan. Hal ini terbukti dengan adanya mikroba pengurai yang menempel pada permukaan media yang digunakan.

Pada penelitian ini terjadi proses adsorpsi antara media dan air limbah *laundry*. Air baku yang mula-mula berwarna kuning, keruh dan berbusa bisa menjadi jernih setelah dilakukan *treatment* dengan media karbon aktif dan zeolite. Menurut penelitian Sisyanreswari dkk (2012) menyatakan bahwa pengolahan limbah *laundry* menggunakan media zeolit dengan ketinggian 40 cm dan waktu tinggal 90 menit diperoleh efisiensi penurunan Fosfat sebesar 91.44%, dan menurut penelitian Halim (2014), menyatakan bahwa pengolahan limbah *laundry* menggunakan *biosand* filter karbon aktif dalam menurunkan fosfat mempunyai efektivitas maksimum sebesar 99.64%. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nascimento *et al.*, (2019) menyatakan bahwa menggunakan kombinasi flokulasi koagulasi sedimentasi dan membrane separasi dapat menurunkan efisiensi COD dengan persentase 68.6 %.

4. KESIMPULAN

Berpedoman pada penelitian yang telah dilakukan mengenai pengolahan air limbah *laundry* menggunakan media karbon aktif dan zeolite, dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi

tertinggi untuk kadar COD bermedia karbon aktif yaitu terjadi pada reaktor 1 sebesar 72.48%. Efisiensi tertinggi untuk kadar COD bermedia zeolit terjadi pada reaktor 3 yaitu sebesar 64.55 %. Sedangkan untuk kadar Fosfat yang bermedia karbon aktif efisiensi penurunan tertinggi terjadi pada reaktor 2 yaitu sebesar 92.09%, sedangkan yang bermedia zeolite dengan efisiensi tertinggi didapatkan pada reaktor 4 yaitu sebesar 96.44%. Media yang paling efektif dalam menurunkan kadar COD yakni media karbon aktif. Media yang paling efektif dalam menurunkan kadar Fosfat yakni media zeolite. Untuk ketinggian media karbon aktif 40 cm sangat efektif menurunkan kadar COD, sedangkan media yang efektif menurunkan kadar Fosfat adalah media zeolite dengan tinggi 60 cm.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi buana Surabaya (UNIPA SBY) atas fasilitas yang sudah disediakan selama penelitian, dan kepada Balai Besar Laboratorium Kesehatan Kota Surabaya yang telah membantu dalam pengujian dan analisis parameter COD dan Fosfat pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianita, R., Fitria, D., dan Sari, P. R. (2010). Pemanfaatan Fly Ash Batubara Sebagai Adsorben dalam Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) Dari Limbah Cair Domestik (Studi Kasus : Limbah Cair Hotel Inna Muara , Padang). *Teknika*, 1(33) : 81–93.
- Ahmad, J., and EL-Dessouky, H. (2008). Design of a modified low cost treatment system for the recycling and reuse of laundry waste water. *Resources, Conservation and Recycling*, 52 :973–978.
- Andary, A. H. (2010). Studi Penurunan COD dan Warna pada Limbah Tekstil PT. Apac Inti Corpora dengan Kombinasi Anaerob dan Aerob Menggunakan UASB-HUASB. Universitas Diponegoro.
- Asip, F., Mardhiah, R., dan Husna. (2008). Uji Efektifitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2):22–26.
- Cony, P. (2012). Studi Kinerja Biosand Filter Dalam Mengolah Limbah Laundry Dengan Parameter Forfat. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Environmental Protection Agency. (2009). Key Characteristic of Laundry Detergent Ingridients. United State Environmental Protection Agency, Pollution Prevention and Toxics, Design for the Environment.
- Haderiah dan Dewi, N. U. (2015). Meminimalisir Kadar Detergen dengan Penambahan

- Koagulan dan Filtrasi Media Saring pada Limbah Kamar Mandi. *Higiene*, 1(1): 33–41.
- Halim, P. A. (2014). Biosand Filter dengan Reaktor Karbon Aktif dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry (Studi Kasus Bung Laundry Makassar). Universitas Hasanuddin.
- Hudori. (2008). Pengolahan Air Limbah Laundry dengan Menggunakan Elektrokoagulasi. Institut Teknologi Bandung.
- Indriyati. (2003). Proses Pembenihan (Seeding) dan Aklimatisasi pada Reaktor Tipe Fixed Bed. *Jurnal Teknik Lingkungan P3TL - BPPT*, 4(2) :55–61.
- Krishnan, S., Chandran, K., and Sinnathambi, C. M. (2016). Wastewater treatment technologies used for the removal of different surfactants: A comparative review. *International Journal of Applied Chemistry*, 12(4):727–739.
- Majid, M., Amir, R., Umar, R., dan Hengky, H. K. (2017). Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Pada Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Usaha Laundry Di Kota Parepare Sulawesi Selatan. Prosiding Seminar Nasional IKAKESMADA “Peran Tenaga Kesehatan Dalam Pelaksanaan SDGs, 85–91.
- Nascimento, C. O. C., Veit, M. T., Palácio, S. M., Gonçalves, G. C., and Fagundes-Klen, M. R. (2019). Combined Application of Coagulation/Flocculation/Sedimentation and Membrane Separation for the Treatment of Laundry Wastewater. *International Journal of Chemical Engineering*, 2019: 1–15.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur 72 tahun 2013. (2013). Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha lainnya. Pemerintah Provinsi Jawa Timur.
- Rahayu, T. (2004). Karakteristik Air Sumur Dangkal Di Wilayah Kartasura Dan Upaya Penjernihannya. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, 5(2):104–124.
- Setyobudiarso, H., dan Yuwono, E. (2014). Rancang Bangun Alat Penjernih Air Limbah Cair Laundry Dengan Menggunakan Media Penyaring Kombinasi Pasir – Arang Aktif. *Jurnal Neutrino*, 6(2): 84–90.
- Sisyanreswari, H., Oktiawan, W., & Rezagama, A. (2012). Penurunan TSS, COD, dan Fosfat pada Limbah Laundry Menggunakan Koagulan Tawas dan Media Zeolit. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(4): 1–11.
- Sugito. (2017). Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Buangan (J. Sutrisno (ed.); Edisi 1). Surabaya : Adi Buana University Press.

ANALISIS SUHU, pH DAN KUANTITAS KOMPOS HASIL PENGOMPOSAN REAKTOR AEROB TERMODIFIKASI DARI SAMPAH SISA MAKANAN DAN SAMPAH BUAH

Sri Wahyuni Siagian¹⁾, Yebi Yuriandala¹⁾, Fina Binazir Maziya¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Email: yebi.y@uii.ac.id

Abstrak

Komposisi sampah di Daerah Istimewa Yogyakarta didominasi oleh sampah organik yang berasal dari sampah sisa makanan dan sampah buah. Komposisi sampah sisa makanan ini merupakan komposisi terbesar penyumbang timbulan sampah yaitu sebesar 57,08%. Sedangkan komposisi sampah buah di salah satu pasar tradisional mencapai 44 % dari sampah organik lainnya. Untuk mengurangi timbulan tersebut dapat dilakukan pengomposan dengan metode yang efektif dan efisien. Penelitian ini mengkombinasikan sampah sisa makanan dan sampah buah sebagai bahan baku pengomposan. Tujuan penelitian untuk mengetahui parameter yang mempengaruhi pengomposan dan kuantitas kompos dengan metode reaktor aerob termodifikasi. Penelitian dilakukan selama 30 hari menggunakan dua buah reaktor dengan massa awal feedstock 8 kg pada masing-masing reaktor. Suhu akhir yang diperoleh pada reaktor 1 diperoleh sebesar 28°C dan 27°C pada reaktor 2. Pada reaktor 1 dan 2 suhu kompos sudah mencapai suhu tanah. pH kedua reaktor masih masuk dalam rentang kriteria standar SNI karena pada akhir pengomposan, pH kedua reaktor pada penelitian ini mendekati netral yaitu berkisar 7-7,4. Massa kompos akhir pada reaktor satu sebesar 1,800 kg dan 0,740 kg untuk reaktor dua.

Kata kunci: Kompos, pH, Reaktor, Suhu

Abstract

Waste composition in Special Region of Yogyakarta is dominated by organic waste come from food waste and fruit waste. The composition of the residual food waste was the composition of the largest contributor to a solid waste generation that is equal to 57,08% at Yogyakarta Province. While the composition of fruit waste in one of the traditional market is 44% of the other organic waste. Composting using an effective and efficient method can reduce the composition of the waste. This research combines food waste and fruit waste as raw material for composting. This study aimed to know the parameters that affect the composting process and the quantity of compost by the method of modified aerobic reaktor. The study was conducted over 30 days using two reaktors with initial mass feedstock 8 kg in each reaktor. The final temperatue obtained were 28°C in reaktor 1 and 27°C in reaktor 2. The pH of the two reaktors is still in the range of the SNI because at the end of composting, the p H of the two reaktors was nearly neutral, ranging from 7-7,4. The quantity of solid compost obtained were 1,800 kg in recator 1 and 0.740 kg in reaktor 2.

Keywords : Compost, pH, Reaktor, Temperature

1. PENDAHULUAN

Peningkatan volume sampah tidak terlepas dari pertambahan jumlah penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat. Semakin maju gaya hidup manusia, semakin banyak sampah yang dihasilkan. Di Indonesia salah satu jenis sampah yang memiliki komposisi besar didominasi oleh sampah organik yang berasal dari sisa makanan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017) menyatakan bahwa jenis sampah organik di Indonesia memiliki persentase terbesar, yaitu sebesar 60%.

Dikirim/submitted: 21 Juni 2021

Diterima/accepted: 30 Juni 2021

Masalah yang sama juga terjadi pada daerah yang sedang berkembang salah satunya Daerah Istimewa Yogyakarta . Menurut Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional tahun 2020 menunjukkan komposisi sampah yang paling banyak di DIY adalah sisa makanan sebesar 57,08%. Selain sampah sisa makanan, sampah buah juga harus menjadi perhatian khusus sebab sampah buah juga merupakan sampah yang dihasilkan oleh rumah tangga serta beberapa jenis buah-buahan ada yang tidak mengenal musim, dimana sepanjang tahun selalu ada sehingga akan menimbulkan penumpukan yang cukup besar. Sampah buah juga memiliki timbulan yang cukup besar khususnya di pasar-pasar tradisional dan pedagang buah di salah satu kabupaten di DIY yaitu Kabupaten Sleman, dimana komposisi sampah buah disalah satu pasar tradisional di Kabupaten Sleman mencapai 44 % dari sampah organik lainnya (Iswadianto, 2018). Biasanya para pedagang membiarkan sampah buah yang sudah membusuk sehingga menumpuk dan menimbulkan bau yang tidak sedap.

Salah satu cara memanfaatkan kembali sampah sisa makanan dan sampah buah serta untuk meminimalisasi sampah yang menumpuk di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yaitu dengan memanfaatkan sampah tersebut menjadi kompos. Kompos adalah bentuk akhir dari bahan-bahan organik sampah domestik setelah mengalami dekomposisi. Pengolahan sampah menjadi kompos juga memberikan nilai ekonomi yang lebih apabila standar kualitas kompos yang dihasilkan baik (Rahardyan, 2006).

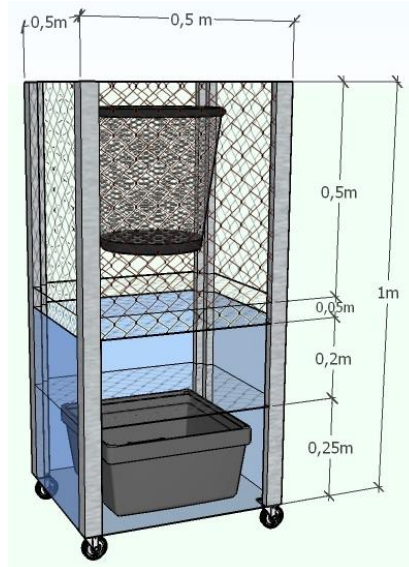
Pada penelitian sebelumnya bertujuan untuk menemukan teknologi tepat guna pengolahan sampah organik yang dititik beratkan pada pemanfaatan penguraian sampah organik oleh larva-larva serangga menggunakan reaktor sederhana. Banyaknya potensi sampah yang ada serta belum adanya penelitian yang lebih lanjut maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui parameter yang mempengaruhi pengomposan dan kuantitas kompos menggunakan sampah sisa makanan dan sampah buah dengan reaktor aerob termodifikasi guna menemukan metode pengomposan yang lebih efektif dan efisien yang tidak memakan banyak lahan serta menghasilkan hasil samping yang memiliki nilai ekonomis.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Persiapan Penelitian

Reaktor dibuat 4 ruang dengan memberi sekat untuk membatasi masing-masing ruangnya (Gambar 1). Ruang paling atas digunakan sebagai tempat menggantungkan keranjang sampah untuk *feedstock* yang dikomposkan dengan massa sampah total 8 kg per reaktor. Ruang kedua dari atas merupakan ruang kosong karena digunakan untuk resirkulasi udara dengan volume

0,0125 m³. Ruang ketiga untuk penampungan maggot dengan volume ruang 0,05 m³ dan ruang paling bawah digunakan untuk pupuk cair sebesar 0,0625 m³ dengan menaruh ember pada ruang tersebut.



Gambar 1. Reaktor yang digunakan pada proses pengomposan

Parameter yang dipantau adalah suhu dan pH serta kuantitas hasil pengomposan yang dihitung adalah massa kompos. Pada persiapan penelitian dilakukan dua tahapan, yakni persiapan alat dan bahan serta persiapan pembuatan kompos. Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan reaktor yaitu :

- a. Alat : gunting, *cutter*, meteran, gerinda, spidol dan *soldier*
- b. Bahan : Besi siku, siku segitiga, baut, waring anyaman, jarring, *fiberplat*, ember, roda hidup, kabel ties, keranjang sampah dan tali tambang

2.2 Pengomposan

Proses pengomposan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengomposan secara aerob karena reaktor hanya dibuat dengan menggunakan jaring-jaring sehingga udara dapat keluar masuk dengan bebas. Sampah yang digunakan pada reaktor 1 berupa 2 kg sampah sisa makanan dan 6 kg sampah buah atau memiliki perbandingan 1:3. Sedangkan pada reaktor 2 menggunakan 6 kg sampah sisa makanan dan 2 kg sampah buah atau memiliki perbandingan 3:1. Langkah pertama dalam pembuatan kompos adalah dengan mencampur sampah sisa makanan dan sampah buah yang telah dicacah atau dipotong kecil-kecil. Sampah buah yang digunakan perlu dicacah terlebih dahulu karena didominasi oleh buah-buahan seperti belimbing, apel, jeruk, alpukat, mangga, jambu, kiwi, pisang, anggur dan beberapa buah semangka. Kemudian sampah

dicampur dan diaduk kedalam ember sehingga merata. Setelah sampah merata, campuran kemudian dimasukkan kedalam reaktor.

Parameter yang diukur selama 30 hari proses pengomposan yaitu suhu dan pH. Pengukuran suhu selama proses pengomposan dilakukan dengan menggunakan termometer. Pengukuran suhu ini dilakukan setiap hari dalam tumpukan kompos yang didiamkan selama 2-3 menit. Sedangkan pengukuran pH dilakukan setiap hari menggunakan pH-moisture meter. Data yang diperoleh pada penelitian ini meliputi data suhu dan pH kemudian melakukan analisis komparasi dengan membandingkan hasil uji tersebut menggunakan SNI 19-7030-2004. Sedangkan kuantitas hasil pengomposan yang dihitung adalah massa kompos. Pengukuran massa kompos padat dilakukan setiap hari menggunakan *portable electronic scale*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Sampah

Sampah organik yang digunakan pada penelitian ini adalah sampah sisa makanan dan sampah buah yang telah dicacah secara manual. Sampah dimasukkan kedalam dua reaktor dengan massa 8 kg pada masing-masing reaktor. Sampah sisa makanan dan sampah buah yang digunakan bervariasi serta dari sumber yang berbeda-beda. Sampah sisa makanan didominasi oleh nasi, nasi dengan campuran kuah sehingga lebih berlemak, sisa tulang-tulangan dan beberapa ada yang bercampur dengan sayur. Sedangkan sampah buah didominasi oleh buah-buahan berupa belimbing, apel, jeruk, alpukat, mangga, jambu, kiwi, pisang, anggur dan beberapa buah semangka.

3.2 Proses Pengomposan

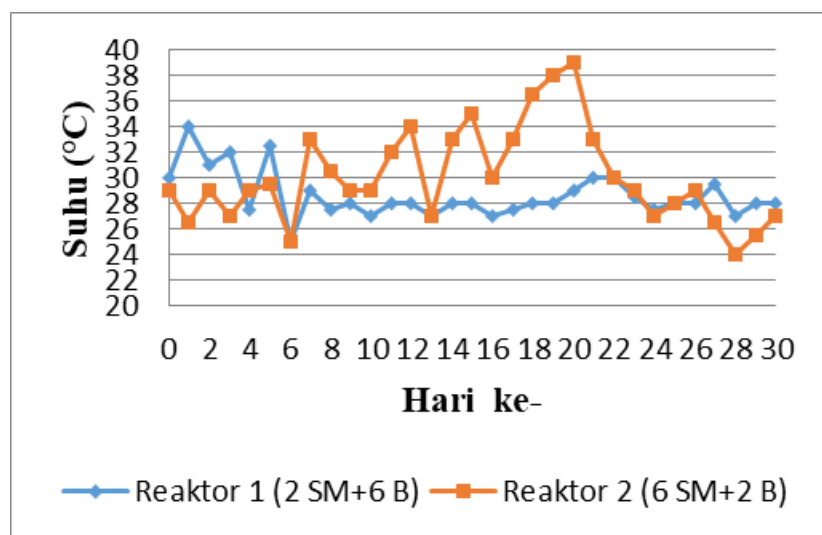
Berjalannya proses pengomposan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, dan pH. Pengukuran faktor-faktor tersebut sebagai unsur pendukung tiap variasi selama proses pengomposan. Hasil penelitian terkait suhu dan pH akan dibahas lebih lanjut, sebagai berikut :

a. Nilai suhu selama 30 hari proses pengomposan

Suhu berperan penting dalam memberikan informasi tentang aktivitas mikroorganisme yang ada saat proses pengomposan. Pengukuran suhu dilakukan setiap hari menggunakan *thermometer* dengan satuan derajat Celcius (°C). Suhu menandakan perubahan aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Data suhu kompos yang didapatkan selama pengomposan juga dapat menggambarkan tahapan pengomposan.

Perubahan suhu pada kedua reaktor terlihat sangat berbeda seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Pada reaktor satu dengan komposisi sampah 2 kg sisa makanan + 6 kg buah suhu maksimum mencapai 34°C dihari pertama dan pada reaktor dua dengan komposisi sampah 6 kg sisa makanan + 2 kg buah suhu maksimum mencapai 39°C pada hari ke-20. Pada reaktor satu suhu hari ke 0-8 terlihat fluktuatif, hal tersebut merupakan tahap dimana mikroba yang terdapat dalam bahan baku kompos beradaptasi atau mulai berkembangbiak. Kemudian pada hari ke 8-30 suhu menunjukkan relatif stasioner yaitu berkisar antara 27°C - 30°C. Sedangkan pada reaktor dua dari hari ke-21 suhu menurun secara bertahap. Penurunan tersebut disebabkan oleh aktivitas mikroba menurun dalam menguraikan kadar bahan organik yang tersedia serta menunjukkan bahwa kompos telah memasuki fase kematangan. Menurut Dewilda (2017), kompos dinyatakan matang jika sudah mencapai suhu air tanah yaitu $\leq 30^{\circ}\text{C}$. Menurut Sriharti dan Salim (2010), kompos dikatakan matang apabila suhu kompos telah sama dengan suhu air tanah (28°C - 30°C).

Suhu yang lebih dari 40°C diindikasikan sebagai fase termofilik, yaitu fase dimana terjadi proses dekomposisi yang sangat aktif oleh mikroba. Pada reaktor satu dan dua tidak terlihat suhu lebih dari 40°C . Suhu fluktuatif yang terjadi selama pengomposan dapat dipengaruhi oleh perbedaan suhu pada lingkungan selama penelitian berlangsung. Kondisi cuaca yang terjadi selama pengomposan juga berdampak pada suhu kompos.



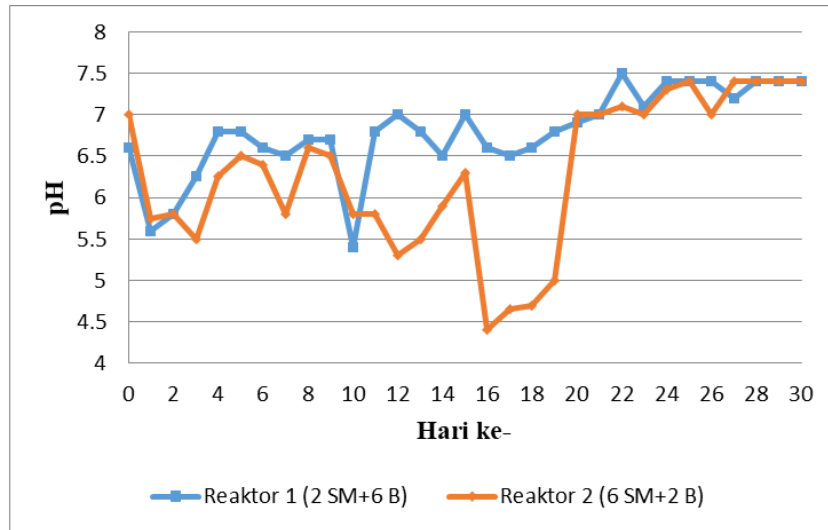
Gambar 2. Perubahan nilai suhu selama 30 hari proses pengomposan

b. Nilai pH

Pengukuran pH dilakukan setiap hari menggunakan *pH-moisture meter* dengan hasil seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. pH berpengaruh terhadap mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik. Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran nilai pH. Pada awal pengomposan pH berada dikisaran antara 5,5 – 7. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas yang mendegradasi sampah adalah jamur karena pada penelitian yang pernah dilakukan Rentang optimum pH untuk bakteri adalah 6 - 7,5, sedangkan untuk Jamur berkisar antara 5,5 - 8 dan untuk pH pada kotoran ternak optimum pada pH 6,8 - 7,4 (Anindita, 2012). Pada tahap akhir proses pengomposan pH akan menjadi 6,78 – 7,81 (Liu, *et al*, 2019). pH yang cenderung asam justru menguntungkan karena dapat menghasilkan unsur nitrogen yang sangat banyak dan mematikan nimfa atau telur dari serangga atau organisme *pathogen* lainnya (Setyaningsih *et al.*, 2017).

Pada penelitian yang dilakukan menunjukkan awal pengomposan terdapat jamur berwarna putih pada kedua reaktor. Kemudian pH akan mengalami peningkatan seiring berjalannya proses dekomposisi oleh senyawa organik. Pada reaktor 1 pH mengalami peningkatan pada hari ke-18 yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam pemecahan nitrogen organik menjadi amonia. Amonia meningkatkan pH karena sifatnya yang basa.

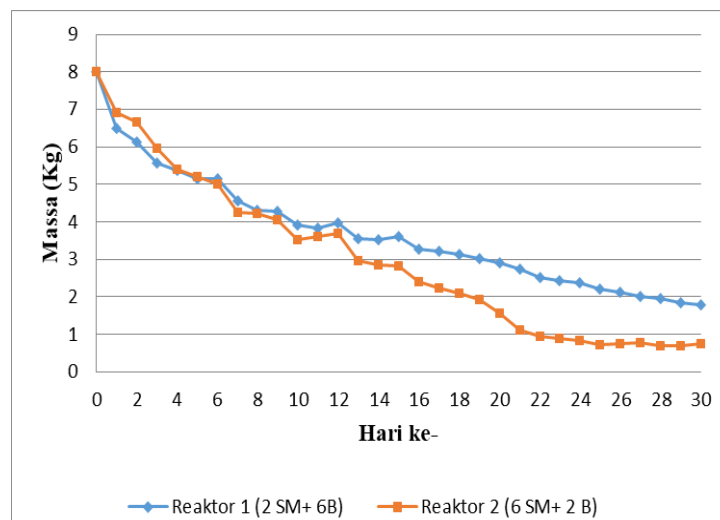
Menurut Dewilda (2017), kenaikan pH yang terjadi karena pada proses pengomposan akan dihasilkan amonia dan gas nitrogen sehingga nilai pH berubah menjadi basa karena aktivitas bakteri yang meningkat. Sehingga mendekati akhir pengomposan, pH reaktor 1 mendekati netral yaitu berkisar 7-7,4. Sedangkan pada reaktor 2 dihari ke-16 hingga hari 19 nilai pH berkisar 4-5 atau mengalami penurunan, hal tersebut karena dengan aktivitas mikroorganisme didalam sampah maka temperatur akan mulai naik dan akhirnya menghasilkan asam organik yang mengakibatkan nilai pH menurun. Jika dihubungkan dengan suhu, suhu pada reaktor 2 dihari ke-16 hingga hari 19 mengalami kenaikan berkisar 30-38°C. Kemudian pada hari ke-20 hingga 30 nilai pH reaktor 2 mendekati netral yaitu berkisar 7-7,4. Hal tersebut merupakan proses dimana mikroorganisme dari jenis lain akan mengkonversikan asam organik yang telah terbentuk sehingga sampah memiliki derajat keasaman yang tinggi dan mendekati netral (Djuarnani, *et al.*, 2005).



Gambar 3. Perubahan nilai pH selama 30 hari proses pengomposan

3.3 Kuantitas Kompos padat

Pengukuran massa kompos padat dilakukan setiap hari menggunakan *portable electronic scale* dengan hasil seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.. Massa awal kompos yang digunakan sebanyak 8 kg dengan komposisi 2 kg sampah sisa makanan dan 6 kg sampah buah pada reaktor satu. Sedangkan pada reaktor dua memiliki komposisi 6 kg sampah sisa makanan dan 2 kg sampah buah. Pengukuran massa kompos padat guna mengetahui penurunan massa dari awal pengomposan hingga akhir dari proses pengomposan yang dilakukan selama 30 hari. Berikut adalah hasil pengukuran massa kompos selama 30 hari proses pengomposan:



Gambar 4. Penurunan massa kompos padat pada masing-masing reaktor selama proses pengomposan

Berdasarkan hasil pengukuran perubahan massa pada kedua reaktor menunjukkan terjadi penurunan setiap harinya. Pengukuran massa dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali agar mendapat tingkat akurasi yang lebih tinggi. Massa kompos akhir pada reaktor satu sebesar 1,800 kg dan 0,740 kg untuk reaktor dua. Massa kompos berkurang sampai setengahnya dan tumpukan bahan menyusut dikarenakan proses perombakan bahan organik menghasilkan panas yang menguapkan air dan CO₂ dalam pengolahan bahan organik. Massa sampah dapat menyusut drastis akibat terjadinya penurunan kadar air pada sampah yang sedang dikomposkan dan berubah menjadi kompos cair. Hadisuwito (2007) menyatakan bahwa komposter memungkinkan untuk mengalirkan air lindi, sehingga kadar air dan bahan padat terpisah dan menjadi kompos cair.

Selain itu, maggot yang ada pada proses pengomposan juga menyebabkan penurunan massa karena sampah terdegradasi oleh bantuan maggot. Menurut Yu *et al.* (2011) maggot memiliki bakteri dalam pencernaannya yang mampu menguraikan sampah organik. Maggot yang dihasilkan selama proses pengomposan digolongkan menjadi dua jenis yaitu maggot *Black Soldier Fly (BSF)* dan maggot non BSF serta tidak ada penambahan bibit maggot selama proses pengomposan. Maggot BSF dengan ciri-ciri maggot lebih panjang dan kurus serta memiliki warna lebih coklat bila dibandingkan dengan maggot lainnya. Semakin banyak maggot yang keluar maka semakin banyak sampah yang terdegradasi oleh maggot tersebut.

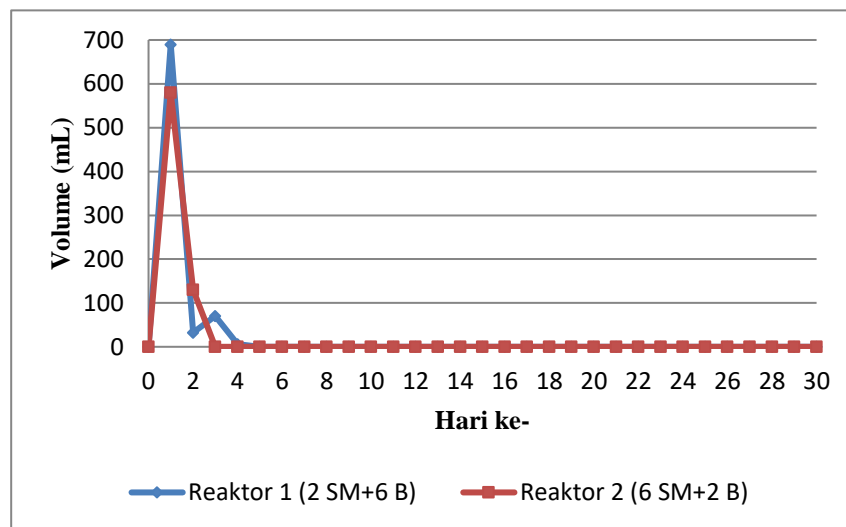
Penurunan massa reaktor dua lebih drastis dibandingkan dengan reaktor satu, ditunjukkan dengan massa akhir pada reaktor satu sebesar 1,800 kg dan 0,740 kg untuk reaktor dua yang mulanya 8 kg. Salah satu hal yang mempengaruhi penurunan tersebut adalah pada reaktor dua produksi maggot BSF yang dihasilkan lebih banyak pada reaktor satu. Mulai dari hari ke-21 hingga hari 30 maggot BSF yang dihasilkan pada reaktor satu memiliki rata-rata 0,614 kg sedangkan 5,271 kg pada reaktor dua. Hal tersebut menunjukkan bahwa sampah pada reaktor dua lebih banyak terdegradasi oleh bantuan maggot BSF yang menyebabkan penurunan massa kompos padatnya lebih drastis.

Beberapa penelitian juga menunjukkan larva BSF mampu mendegradasi sampah organik, baik dari hewan maupun tumbuhan lebih baik dibanding serangga lainnya yang pernah diteliti (Kim, *et al.*, 2011). BSF telah diteliti dapat mendegradasi sampah organik dengan memanfaatkan larvanya yang akan mengekstrak energi dan nutrien dari sampah sayuran, sisa makanan, bangkai hewan, dan kotoran sebagai bahan makanannya (Popa dan Green, 2012). Selain itu

menurut Diener (2010), Larva BSF mampu mendegradasi sampai dengan 80% jumlah sampah organik yang diberikan.

3.4 Kuantitas Kompos Cair

Penurunan massa kompos padat yang telah dibahas sebelumnya terjadi karena berkurangnya kadar air pada sampah, dimana kadar air tersebut sebagian berubah menjadi kompos cair yang tertampung pada ember yang diletakkan diruang paling bawah reaktor. Hasil pengukuran volume kompos cair selama 30 hari ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5 Perubahan nilai kompos cair selama 30 hari proses pengomposan

Berdasarkan hasil pengamatan, reaktor satu menghasilkan kompos cair hanya hari ke-1 hingga hari ke-4 sebanyak 798 mL dan reaktor dua menghasilkan kompos cair hanya pada hari ke-1 dan hari ke-2 sebanyak 710 mL. Pada hari pertama kompos cair reaktor satu berwarna merah dan encer sedangkan hari ke-4 berwarna coklat tua dan lebih pekat. Keluarnya kompos cair pada reaktor 2 hanya berlangsung dua hari. Pada hari pertama kompos cair reaktor dua berwarna coklat muda dan lebih pekat sedangkan hari ke-2 berwarna masih sama dengan hari ke-1 yaitu coklat muda dan lebih pekat. Warna merah pada kompos cair direaktor 1 dikarenakan *feedstock* yang digunakan lebih banyak buah-buahan yang telah dicampur dengan nasi kering dan bersih. Sedangkan pada reaktor dua terlihat bahwa kompos cair lebih mengandung minyak dan pekat karena sampah sisa makanan yang digunakan berupa nasi yang tercampur mie dan kuah. Kuantitas kompos cair yang dihasilkan lebih rendah bila dibandingkan dengan hasil pengomposan limbah buah dengan campuran sayur yaitu mencapai 1.984 mL (Hanifah, 2018).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data menunjukkan bahwa Suhu akhir yang diperoleh pada reaktor 1 28°C dan 27°C pada reaktor 2. Pada reaktor 1 dan 2 suhu kompos sudah mencapai suhu tanah. selanjutnya Untuk nilai pH kedua reaktor pada penelitian ini 7-7,4, hal ini telah memenuhi kriteria pH pada SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik Massa kompos padat yang dihasilkan pada reaktor satu sebesar 1,800 kg dan 0,740 kg untuk reaktor dua. Penurunan massa reaktor dua lebih drastis dibandingkan dengan reaktor satu hal tersebut dapat dipengaruhi oleh kuantitas kompos cair dan produksi maggot. Sedangkan kompos cair yang dihasilkan sebanyak 798 ml pada reaktor 1 dan 710 pada reaktor 2.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindita, F. (2012). Pengomposan dengan Menggunakan Metode In Vessel System Untuk Sampah UPS Kota Depok. Skripsi. Teknik Lingkungan, Universitas Indonesia.
- Dewilda dan Listya. (2017). Pengaruh Komposisi Bahan Baku Kompos (Sampah Organik Pasar, Ampas Tahu, dan Rumen Sapi) terhadap Kualitas dan Kuantitas Kompos. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 14 (1) : 52-61.
- Diener, S., Zurbrügg, C., Gutiérrez, F.R., Nguyen, D.H., Morel, A., Koottatep, T., and Tockner, K. (2011). Black Soldier Fly Larvae for Organic Waste Treatment-Prospects and Constraints. *Proceedings of the WasteSafe 2011-2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries*, 52: 1-8.
- Djuarnani, N., Kristiani., dan Budi, S. (2005). Cara Cepat Membuat Kompos. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Hadisuwito, S. (2007). Membuat Pupuk Kompos Cair. Jakarta: AgroMedia Pustaka.
- Hanifah, N. P. (2018). Uji Kualitas – Kuantitas Hasil Pengomposan Reaktor Aerob Termodifikasi dari Kombinasi Sampah Sayur dan Sampah Buah. Tugas Akhi. Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.
- Iswadianto. (2018). Studi Timbulan, Komposisi dan Perencanaan Pengelolaan Sampah Pasar (Studi Kasus di Wilayah Pasar Kabupaten Sleman, Yogyakarta). Tugas Akhir. Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.
- Kim, W., Bae, S., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S., and Koh, Y. (2011). Biochemical Characterization of Digestive Enzymes in the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Jurnal of Asia-Pacific Entomology*, 14(1):11- 14.

- Liu, T., Awasthi, M.K., Chen, H., Duan, Y., Awasthi, S.K., and Zhang, Z. (2019). Performance of Black Soldier Fly Larvae (Diptera : Stratiomyidae) for Manure Composting and Production of Cleaner Compost. *Journal of Environmental Management*, 251 (3): 1-10.
- Popa, R and Green, T. (2012). Black Soldier Fly Applications . DipTerra LCC e-Book.
- Rahardiyana B dan Murdeani, D. A. (2006). Sikap Masyarakat Terhadap Pemilahan Sampah Berbasis Pengumpulan Terjadwal. *Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan*, 2 (2) : 18-26.
- Salim, T dan Sriharti. (2008). Pemanfaatan Ampas Daun Nilam sebagai Kompos. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin Bidang Teknik Kimia dan Tekstil*, B78-B83.
- Setyaningsih, E., Astuti, D.S., dan Astuti, R. 2017. Kompos daun solusi kreatif pengendali limbah. *Bioeksperimen*, 3(2):45–51.
- SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.
- Yu, G., Cheng, P., Chen, Y., Li, Y., Yang, Z., Chen, Y., and Tomberlin, J. (2011). Inoculating Poultry Manure with Companion Bacteria Influences Growth and Development of Black Soldier Fly (*Diptera: Stratiomyidae*) Larvae. *Environmental Entomology*, 40(1):30–35.

PENERAPAN *CLEARITY METER* SEBAGAI ALAT UKUR SEDERHANA KUALITAS INFLUEN DAN EFLUEN PENGUJIAN PARAMETER TSS, TDS, COD, DAN BOD DI IPAL PALGADING DAN TIRTO ASRI

Widodo Brontowiyono¹⁾, Elita Nurfitriyani Sulisty¹⁾, Suphia Rahmawati¹⁾, Nurul
Istiqomah Agustin¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
Email: elita@uii.ac.id

Abstrak

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan daerah dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi. Hal ini mempengaruhi tingginya jumlah limbah domestik yang dihasilkan. IPAL Komunal dapat menjadi salah satu solusi dalam pengolahan air limbah domestik. Berdasarkan data dari DLH DIY 2016 tercatat 376 IPAL komunal di seluruh DIY, tetapi hanya 41 IPAL yang dipantau, dan sisanya tidak diketahui nilai efluen yang dihasilkan. Selain itu, tingginya biaya pengujian parameter juga menjadi alasan. Diperlukan suatu alternatif pemantauan yang mudah, murah, sederhana, portabel, dan hasil langsung dapat dibaca sehingga dapat dilakukan secara mandiri. *Clarity meter* merupakan suatu alat ukur sederhana yang digabungkan dengan kurva kalibrasi untuk mengetahui hubungan antar parameter dengan metode analisis regresi linier berganda. Penelitian dilakukan di IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri dengan parameter uji TSS, TDS, COD, dan BOD dengan metode pada SNI 6989 tahun 2009 tentang Air dan Air Limbah. Tabung dengan diameter besar mempunyai hasil yang lebih baik dimana nilai R^2 dan signifikansinya mendekati ketentuan meskipun belum sesuai. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar memperlihatkan korelasi antar parameter dan kestabilan alat.

Kata kunci: Air Limbah Domestik, *Clarity Meter*, Pemantauan IPAL komunal

Abstract

Yogyakarta Special Region is an area with high population growth. This affects the high amount of domestic waste produced. Communal WWTP can be a solution in domestic wastewater treatment. Data from DLH DIY 2016 recorded 376 communal WWTPs throughout DIY, but only 41 WWTPs were monitored, the rest did not know the value of the efluen generated. The high cost of parameter testing is also a reason. An alternative monitoring is needed that is easy, inexpensive, simple, portable, and the results can be read immediately so that it can be done independently. The *clarity meter* is a simple measuring instrument that is combined with a calibration curve to determine the relationship between parameters using the multiple linear regression analysis. The research was conducted at the Palgading and Tirto Asri communal WWTPs with the TSS, TDS, COD, and BOD test parameters relate in SNI 6989 year 2009 about Water and Wastewater.. Tubes with large dimensions have better results where the R^2 value and its significance are close to fixed although not yet suitable.

Keywords: *Clarity Meter*, Domestic Wastewater, Monitoring of Communal Wastewater Treatment

1. PENDAHULUAN

Air limbah domestik merupakan buangan yang berasal dari aktivitas sehari-hari yang berhubungan dengan pemakaian air, dapat berasal dari WC, kamar mandi, dapur, dan cucian (Permen LHK No.68 Tahun 2016). Jika air buangan tersebut langsung dibuang ke lingkungan

tanpa adanya proses pengolahan terlebih dahulu dapat mengganggu keseimbangan fisika dan kimiawi air sehingga dapat mengalami pencemaran.

Salah satu pengendalian dari limbah domestik adalah dibangunnya sistem air limbah skala rumah tangga atau disebut IPAL komunal, dengan harapan kualitas efluen limbah domestik memenuhi baku mutu. Dalam pengelolaannya terdapat campur tangan masyarakat sehingga masyarakat dapat mandiri mengurusnya (Sofyan, 2016). Menurut Dinas Lingkungan Hidup (DLH) D.I.Yogyakarta pada tahun 2016 tercatat terdapat 376 IPAL komunal, dengan cakupan 30 hingga 300 KK yang tersebar di Yogyakarta. Berdasarkan penelitian Bhakti dan Herumukti, 2016, dari 33 IPAL yang dijalankan di Surabaya, terdapat 13 unit IPAL yang dipantau, tetapi hanya 8 unit yang dipantau sesuai prosedur, yaitu pengujian kualitas setiap 6 bulan sekali. Begitupun dengan penelitian (Kurnianingtyas *et al.*, 2020). suatu IPAL seharusnya dilakukan *monitoring* kualitasnya setiap 6 bulan sekali. Namun, fakta di lapangan menunjukkan adanya IPAL yang belum pernah dilakukan *monitoring* selama 9 tahun berjalannya IPAL. Kendala ini terjadi karena biaya operasional yang didapatkan dari iuran warga tidak berjalan dan juga harga pengujian yang cukup tinggi, sehingga dana untuk pengujian kualitas IPAL Komunal tidak tersedia.

Dari beberapa permasalahan tersebut diperlukan alternatif pemantauan kualitas IPAL yang mudah sehingga dapat dilakukan secara mandiri dan cepat oleh masyarakat. Salah satu alternatifnya adalah dengan alat *clarity meter*, suatu alat pengukuran sederhana yang digabungkan dengan kurva kalibrasi untuk mengetahui nilai beberapa parameter air limbah sekaligus. Hal ini merupakan salah satu bentuk pengabdian kepada masyarakat, sehingga diharapkan mempermudah pemantauan dan tidak membebani masyarakat dalam segi biaya, baik dalam pengoperasian ataupun perbaikan jika terjadi kerusakan. *Clarity meter* merupakan suatu alat yang diadopsi dari sistem *johkasou* dan *secchi* dimana mempunyai keuntungan harga yang murah, mudah, dan efektif. Penelitian ini dilakukan untuk menguji air limbah IPAL komunal dengan alat *clarity meter* ditinjau dari karakteristiknya berupa parameter BOD, COD, TSS, dan TDS dengan tujuan mengetahui kualitas IPAL komunal yang akan diteliti.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi

Metode *purposive* digunakan sebagai metode penentuan lokasi IPAL komunal dan terpilih IPAL Komunal Palgading di RT 4 RW 18, Sinduharjo dan IPAL Komunal Tirto Asri di

Dusun Sembung Jalan Besi Jangkang Km 1, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman. Analisis sampel dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (TL, FTSP, UII). Pengambilan dan pengujian sampel dilakukan pada bulan September hingga November 2020. Pengambilan dan pengujian sampel dilakukan saat pandemi Covid-19 berlangsung, dimana penggunaan air bersih meningkat dan saat pengambilan sampel telah mengikuti protokol kesehatan yang berlaku.

2.2 Pengambilan dan Pengujian Sampel

Pengambilan air sampel dilakukan setiap hari Rabu dan Kamis dengan waktu pengambilan pada pukul 8 pagi yang merupakan jam puncak pemakaian air, dengan menggunakan metode contoh sesaat pada bagian inlet dan outlet mengacu pada SNI 6989.59:2008. Pengujian sampel dan pembacaan alat *clarity meter* dilakukan duplo, dimana untuk pembacaan membutuhkan minimal 3 orang pembaca agar mendapatkan hasil yang lebih relevan dan meningkatkan ketepatan percobaan. Hal ini merupakan pendekatan statistik. Metode pengujian parameter dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode pengujian parameter

Parameter	Pengujian	Metode
TSS	SNI 06-6989.3-2004	Gravimetri
TDS		Portable dengan TDS meter
COD	SNI 6989.2:2009	Refluks tertutup secara spektrofotometri
BOD	SNI 6989.72:2009	Titration secara iodometri

2.3 Alat Clarity Meter

Clarity meter (Gambar 1) menggunakan bahan akrilik dan mika, disangga menggunakan papan kayu agar lebih stabil. Alat ini mempunyai ketinggian hingga 136 cm dan terdapat 2 jenis diameter, yaitu 4 cm dan 2 cm. Hal ini bertujuan untuk membandingkan keefektifan kedua diameter tersebut. Di sebelah tabung ditempelkan alat pengukur ketinggian air. Sedangkan di bawah tabung terdapat sebuah penutup berwarna hitam dan putih. Terdapat juga *drain valve* di bawah pipa sehingga memudahkan untuk menyesuaikan ketinggian air.

Setidaknya membutuhkan 2 orang untuk melakukan pengujian alat. Setelah dilakukan pemasangan tutup dan memastikan *drain valve* telah tertutup rapat, hal yang harus dilakukan pertama kali adalah menghomogenkan sampel air limbah. Orang pertama akan mulai memasukkan air ke dalam tabung secara perlahan dan memastikan jika *secchi disk* sudah tidak terlihat, maka penambahan air sudah harus dihentikan. Orang kedua akan langsung

melakukan pembacaan ketinggian air. Jika air dalam tabung terlalu banyak, dapat dilakukan pembuangan air secara perlahan menggunakan *drain valve*. Setiap akan pergantian air sampel, tabung harus dibilas menggunakan air bersih terlebih dahulu untuk membersihkan kotoran yang tertinggal di dalam tabung karena sampel sebelumnya.



Gambar 1. Alat *clarity meter*

2.4 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui tingginya korelasi antar parameter TSS, TDS, COD, BOD, dan ketinggian dengan menggunakan metode regresi linier berganda. Dari sinilah dapat diketahui parameter mana saja yang relevan dan dapat digunakan. Sebelum dapat menggunakan regresi linier berganda perlu dilakukan pengujian asumsi-asumsi klasik. Uji asumsi klasik merupakan persyaratan yang harus dipenuhi pada analisis regresi linier berganda. Uji asumsi yang digunakan adalah uji normalitas, multikolinieritas, dan heteroskedesitas. Terpenuhinya asumsi klasik agar diperoleh model regresi dengan estimasi yang tidak bias dan pengujian dapat dipercaya. Salah satu tujuan pengujian asumsi klasik untuk mengetahui ada tidaknya multikolinieritas (Purnomo, 2017).

a. Uji normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi variabel pengganggu atau residual memiliki distribusi normal. Seperti diketahui bahwa uji t dan F mengasumsikan bahwa nilai residual mengikuti distribusi normal. Jika asumsi ini dilanggar maka uji statistik menjadi tidak valid untuk jumlah sampel kecil (Ghozali, 2013).

b. Uji multikolinieritas

Uji multikolinieritas adalah uji untuk melihat korelasi antar variabel bebas. Jika ditemukan variabel bebas yang mempunyai korelasi yang sangat kuat, maka secara logika persamaan

regresinya cukup diwakili oleh salah satu variabel saja. Dapat dikatakan mempunyai korelasi sangat kuat ketika nilai $r > 0,90$. Cara lain untuk mengetahui ada tidaknya multikolinearitas adalah dengan melihat nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) dan *Collinearity Tolerance*. Jika nilai $VIF \leq 10$ dan *Collinearity Tolerance* $< 0,1$, maka dapat dinyatakan tidak terjadi multikolinearitas (Yudiaatmaja, 2013).

c. Uji heteroskedestitas

Uji heteroskedastisitas bertujuan menguji apakah model regresi terjadi ketidaksamaan *variance* dari residual satu pengamatan ke pengamatan yang lain. Jika *variance* dari residual satu pengamatan ke pengamatan yang lain tetap, maka disebut Homoskedastisitas dan jika berbeda disebut Heteroskedastisitas. Model regresi yang baik adalah yang Homoskedastisitas atau tidak terjadi Heteroskedastisitas. Kebanyakan data *crosssection* mengandung situasi heteroskedastisitas karena data ini menghimpun data yang mewakili berbagai ukuran (Ghozali, 2013).

Setelah poin di atas telah terpenuhi maka dapat dilanjutkan ke regresi linier berganda. Regresi linier berganda merupakan model persamaan yang menjelaskan hubungan satu variabel tak bebas (Y) dengan dua atau lebih variabel bebas ($X_1, X_2 \dots X_n$). Tujuannya adalah untuk memprediksi nilai variabel tak bebas (Y) apabila nilai-nilai variabel bebasnya ($X_1, X_2 \dots X_n$) diketahui. Di samping itu juga untuk mengetahui arah hubungan variabel tak bebas dengan variabel-variabel bebasnya. Persamaan 1 berikut merupakan regresi linier berganda secara matematik.

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n \quad (1)$$

Kondisi-kondisi bila koefisien-koefisien regresi, yaitu b_1 dan b_2 mempunyai nilai:

- Nilai = 0, dalam hal ini variabel Y tidak dipengaruhi oleh X_1 dan X_2
- Nilainya negatif, terjadi hubungan dengan arah terbalik antara variabel tak bebas Y dengan variabel-variabel X_1 dan X_2
- Nilainya positif, terjadi hubungan searah antara variabel tak bebas Y dengan variabel bebas X_1 dan X_2

Koefisien-koefisien regresi b_1 dan b_2 —serta konstanta a dapat dihitung dengan persamaan 2, 3 dan 4.

$$a = \frac{\sum Y - (b_1 \sum X_1) - (b_2 \sum X_2)}{n} \quad (2)$$

$$b_1 = \frac{[(\sum X_2^2 \times \sum X_1 Y) - (\sum X_2 Y \times \sum X_1 X_2)]}{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2^2) - (\sum X_1 \times X_2)^2]} \quad (3)$$

$$b_2 = \frac{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2 Y) - (\sum X_1 Y \times \sum X_1 X_2)]}{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2^2) - (\sum X_1 \times X_2)^2]} \quad (4)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien korelasi ganda (r), hal ini berfungsi mengetahui seberapa besar korelasi yang terjadi antar variabel-variabel X_1, X_2, \dots, X_n secara serentak dengan variabel Y . Besarnya nilai koefisien korelasi ganda dapat dihitung dengan persamaan 5.

$$r = \sqrt{r^2} = \sqrt{\frac{(b_1 \sum x_1 y) + (b_2 \sum x_2 y)}{\sum y^2}} \quad (5)$$

Metode korelasi mempunyai standar sebagai berikut:

- $< 0,20$: dapat dianggap tidak ada hubungan
- $0,20 - 0,40$: hubungan rendah
- $0,41 - 0,70$: hubungan cukup
- $0,71 - 0,90$: hubungan kuat
- $0,91 - 1,00$: hubungan sangat kuat

Nilai r : $-1 \leq r \leq +1$. Semakin mendekati nilai $+1$ atau -1 , maka semakin kuat korelasi yang terjadi dan jika r mendekati 0 , maka semakin lemah korelasi yang terjadi (Yuliara, 2016). Dari nilai data yang didapatkan, maka diketahui korelasi dari setiap parameter. Dapat diambil kesimpulan parameter mana saja yang relevan dan dapat digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum IPAL Komunal

Lokasi IPAL yang digunakan adalah Palgading dan Tirto Asri. Dapat dilihat deskripsi singkat dari kedua IPAL yang akan dikaji pada penelitian ini (Tabel 2).

Tabel 2. Kondisi IPAL Palgading

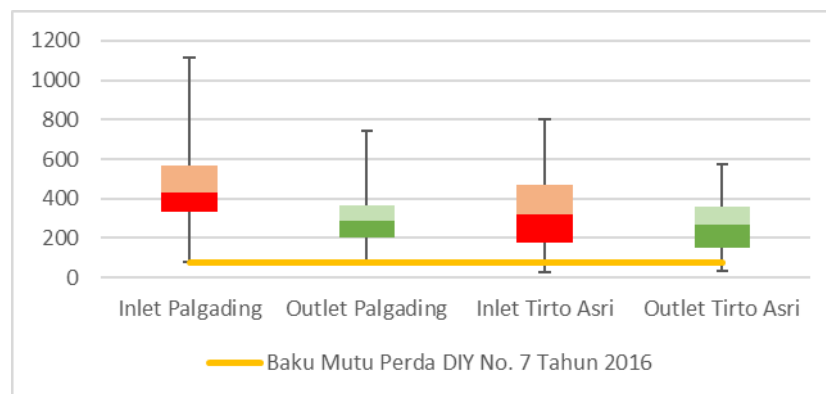
No.	Kriteria	IPAL Palgading	IPAL Tirto Asri
1.	Lokasi	RT 4 RW 18, Sinduharjo, Ngaglik Sleman	Dusun Sembung Jalan Besi Jangkang Km 1, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman
2.	Pendiri	KPP Gading Sehat	KSM Tirto Asri
3.	Tahun berdiri	2012	2016
4.	Kapasitas maksimum	100	120
5.	Kapasitas saat ini	60	100
6.	Teknologi	ABR	ABR + Anaerobic filter
8.	Pengurusan	4 kali selama berdirinya IPAL	2 tahun sekali
9.	Permasalahan	Efluen berbau dan berbusa	-

3.2. Kualitas Air Limbah Domestik

Kualitas air dapat diketahui dari beberapa parameter pada air limbah, baik yang belum mengalami pengolahan ataupun hasil dari pengolahan. Air limbah domestik mempunyai karakteristik yang menunjukkan ciri dari kualitas air limbah yang ditinjau. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan September yang masuk musim kemarau pada pukul 8 pagi. Hasil yang didapatkan akan lebih tinggi jika diambil pada musim hujan, hal ini terjadi karena ketika musim hujan limpasan air hujan semakin tinggi dan dapat bercampur dengan sampel sehingga mempengaruhi konsentrasi parameter. Jam 8 pagi juga merupakan jam puncak pemakaian air bersih sehingga air limbah yang dihasilkan dan konsentrasinya akan lebih tinggi jika dibandingkan pada jam lainnya. Pada penelitian ini, kualitas air limbah domestik dibandingkan dengan Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016.

a. *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS merupakan jumlah berat zat tersuspensi dalam volume tertentu di dalam air yang dinyatakan dengan mg/L. Kadar TSS berbanding lurus dengan proses degradasi, yaitu semakin kecil penurunan nilai TSS pada pengolahan limbah, menunjukkan proses degradasi bahan organik juga semakin kecil (Paramita, 2012). Hasil pengujian kadar TSS IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri pada bagian *inlet* dan *outlet* dapat dilihat pada Gambar 2.



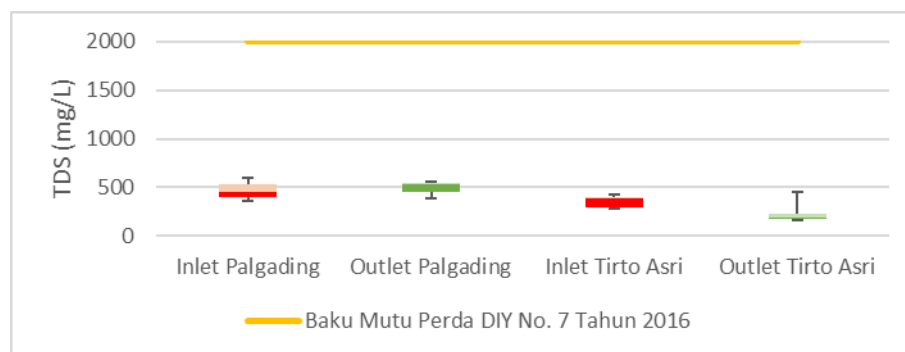
Gambar 2. Diagram boxplot TSS IPAL komunal

Nilai TSS hasil pengujian *inlet* IPAL Palgading berada pada kisaran 80 – 1.112 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 80 – 742 mg/L. Sedangkan *inlet* IPAL Tirto Asri, nilai TSS berkisar 24 – 800 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 32 – 572 mg/L. IPAL Palgading dan Tirto Asri mempunyai nilai efisiensi penurunan kadar TSS rata-rata hingga 43%. Kadar TSS yang telah didapat dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016. Dapat diketahui bahwa semua titik pengambilan sampel tidak ada yang memenuhi baku mutu.

Kadar TSS yang masih melebihi baku mutu dapat dipengaruhi dari tingginya kadar TSS pada bagian *inlet*. Namun, jika dilihat dari nilai efisiensi *removal* yang sangat rendah dapat disebabkan kurangnya perawatan berupa pengurasan lumpur yang merupakan bentuk pemeliharaan terhadap kinerja IPAL, perbandingan antara *black water* dan *grey water* yang masuk ke dalam IPAL sehingga mempengaruhi kadar TSS, dan sampah yang masuk sehingga dapat menyebabkan penyumbatan. Saat observasi di lapangan, pada IPAL Palgading tidak ditemukan *barscreen* sehingga sampah dapat langsung masuk ke unit-unit pengolahan.

b. Total Dissolved Solid (TDS)

Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Kekeruhan pada perairan tergenang layaknya danau lebih banyak disebabkan oleh bahan-bahan koloid dan pertikel-partikel halus. Sedangkan kekeruhan pada sungai yang sedang banjir dapat disebabkan oleh bahan-bahan tersuspensi yang berukuran lebih besar berupa lapisan permukaan tanah yang terbawa oleh air hujan (Effendi, 2003). Hasil pengujian kadar TDS IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri pada bagian *inlet* dan *outlet* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram boxplot TDS IPAL komunal

Nilai TDS hasil pengujian pada *inlet* IPAL Palgading berkisar 362,5 – 598 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 392 – 562 mg/L. Untuk nilai TDS bagian *inlet* IPAL Tirto Asri berkisar 277,5 – 425,5 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 174 – 453,5 mg/L.

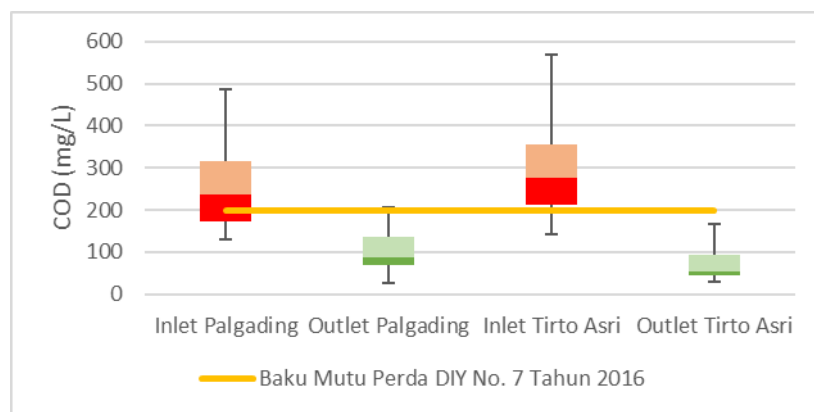
Sebagian besar kadar TDS pada bagian *outlet* IPAL Palgading lebih besar dari pada *inlet*. Sedangkan untuk IPAL Tirto Asri mempunyai nilai efisiensi penurunan hingga 57%. Dapat dikatakan dalam mengolah kadar TDS belum maksimal pada kedua IPAL. Pada **Error! Reference source not found.** dapat dilihat bahwa semua nilai standar deviasi lebih kecil dari pada nilai mean, sehingga data yang dihasilkan dikatakan baik. Kadar TDS yang telah

didapat dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016. Bagian *outlet* maupun *inlet* kedua IPAL telah memenuhi baku mutu.

Outlet IPAL Palgading mempunyai nilai yang lebih besar dari pada *inlet*. Dapat ditemui kumpulan busa pada bagian *outlet* yang dapat mempengaruhi kadar TDS. Tingginya nilai TDS dapat disebabkan oleh sisa bahan-bahan anorganik dan molekul dari sisa air buangan, seperti deterjen, surfaktan yang larut dalam air dan molekul sabun (Kustiyaningsih dan Irawanto, 2020).

c. Chemical Oxygen Demand (COD)

COD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk dekomposisi secara kimiawi. Kandungan COD yang tinggi dapat mempengaruhi kandungan oksigen terlarut dalam air menjadi rendah bahkan habis (South & Nazir, 2016). Jika dibandingkan dengan kadar BOD, kadar COD umumnya lebih besar karena senyawa yang dioksidasi secara kimiawi lebih banyak daripada biologis. COD merupakan parameter utama dalam air limbah, kandungan COD akan mempengaruhi jumlah pencemaran zat organik yang dapat dioksidasi secara alamiah melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya jumlah oksigen terlarut dalam suatu perairan (Wijayaningrat, 2018). Hasil pengujian kadar COD IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri pada bagian *inlet* dan *outlet* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram boxplot COD IPAL komunal

Nilai COD hasil pengujian pada *inlet* IPAL Palgading berkisar 130 – 487,5 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 27,5 – 205 mg/L. Sedangkan untuk nilai COD bagian *inlet* IPAL Tirto Asri berkisar 143,75 – 568,75 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 28,75 – 167,5 mg/L. IPAL Palgading mempunyai efisiensi penurunan kadar COD rata-rata hingga 58% dan IPAL Tirto Asri mempunyai nilai efisiensi penurunan rata-rata hingga 75%. Kadar COD yang telah

didapat dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016. Bagian *inlet* untuk kedua IPAL terdapat nilai yang telah memenuhi baku mutu dan untuk bagian *outlet* kedua IPAL telah memenuhi baku mutu.

Pipa *outlet* IPAL Palgading berada di bawah permukaan air sungai, sehingga dapat menyebabkan masuknya air sungai ke dalam pipa *outlet*. Air sungai yang masuk akan bercampur dengan efluen dan dapat mempengaruhi tingginya kadar COD (Purwatinigrum, 2016). Penurunan kadar COD juga dipengaruhi oleh waktu tinggal. Semakin besar penyisihan maka semakin lama waktu tinggalnya. Mikroorganisme yang terdapat di dalam IPAL komunal mengalami siklus hidup dan dapat mengalami kejenuhan hingga kematian. Hal ini menyebabkan materi organik tidak terurai dengan optimal ditandai dengan tingginya atau meningkatnya kadar COD (Susanti, *et al.*, 2018).

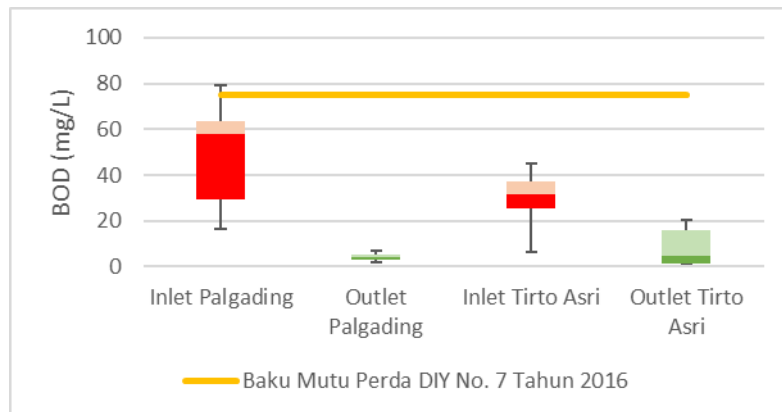
d. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

BOD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme aerobik untuk menguraikan bahan organik karbon selama 5 hari. Pengujian kadar BOD menggunakan metode titrasi iodometri. Sampel yang bersifat oksidator akan direduksi oleh kalium iodida berlebih dan akan menghasilkan iodium. Iodium selanjutnya dititrasi dengan larutan baku natrium tiosulfat, banyaknya natrium tiosulfat sebagai titran setara dengan iodium yang dihasilkan (Sutisna, 2018). Hasil pengujian kadar BOD IPAL komunal Palgading dan Tirto Asri pada bagian *inlet* dan *outlet* dapat dilihat pada Gambar 5.

Nilai BOD hasil pengujian pada *inlet* IPAL Palgading berkisar 16,65 – 79,45 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 1,97 – 7,02 mg/L. Sedangkan untuk nilai BOD bagian *inlet* IPAL Tirto Asri berkisar 6,37 – 45,01 mg/L dan pada bagian *outlet* berkisar 0,77 – 20,38 mg/L. IPAL Palgading mempunyai efisiensi penurunan kadar BOD rata-rata hingga 90% dan IPAL Tirto Asri mempunyai nilai efisiensi penurunan rata-rata hingga 74%. Kadar BOD yang telah didapat dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016. Bagian *outlet* maupun *inlet* baik IPAL Palgading dan Tirto Asri telah memenuhi baku mutu.

Penurunan kadar BOD dipengaruhi oleh besarnya debit air limbah, semakin kecil maka penurunan BOD semakin besar (Susanti, *et al.*, 2018). Parameter BOD berkaitan dengan proses *self-purification* badan air, yaitu kemampuan alami air dalam membersihkan diri. Semakin besar kadar BOD maka semakin besar pula zat organik yang harus diuraikan, hal ini menunjukkan semakin tingginya pencemaran yang terjadi (Arifudin & Setiyono, 2019).

Pengukuran BOD juga berfungsi untuk perkembangan mendesain pengolahan biologis bagi air limbah tersebut (Purwatinigrum, 2016).



Gambar 5. Diagram boxplot BOD IPAL komunal

3.3. Analisis Data

Dalam penggunaan alat *clarity meter*, semakin keruh sampel yang digunakan maka ketinggian air akan semakin rendah. Hal ini disebabkan dari nampaknya *secchi disk* yang berada di bawah. Semakin keruh sampel maka kadar TDS dan TSS akan semakin tinggi, tetapi mereka tidak berhubungan karena mengukur padatan yang berbeda. TSS yang dapat menurunkan intensitas cahaya yang masuk ke suatu perairan dapat berdampak berkurangnya kadar oksigen sehingga dapat meningkatkan kadar COD dan BOD. COD merupakan parameter utama dalam air limbah. Dimana kandungan BOD terhitung dalam COD, sehingga kadar COD pasti lebih tinggi dari BOD.

Pada penelitian ini *alat clarity meter* terdiri dari dua tabung yang mempunyai ukuran yang berbeda. Hal pertama yang dilakukan adalah apakah tabung dengan ukuran besar dan kecil mempunyai tingkat keefektifan yang sama atau tidak. Jika sama dan memenuhi beberapa aspek maka akan terbentuk empat regresi sedangkan jika tidak sama maka akan terbentuk delapan regresi yang berbeda.

3.3.1 Perbandingan Diameter Kecil dan Besar

Tahap kali ini akan membuktikan sebuah hipotesis untuk mengetahui apakah tabung dengan diameter besar dan kecil mempunyai tingkat signifikansi yang sama. Jika ternyata sama maka dalam penggunaannya dapat dipilih salah satu. Terbentuklah hipotesis:

H_0 = Diameter besar dan kecil berbeda seignifikansi

H_1 = Diameter besar dan kecil signifikansi sama

Dari Tabel 3 menunjukkan antara diameter besar dan diameter kecil meskipun dengan sampel air limbah yang sama mempunyai nilai signifikansi yang berbeda. Hal ini menandakan tingkat efisiensi kedua diameter memiliki nilai yang berbeda. Sehingga hipotesis H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Tabel 3. Signifikansi setiap sampel dan diameter tabung

Signifikansi	IPAL Palgading	<i>Inlet</i>	Diameter Besar	0,046
			Diameter Kecil	0,197
		<i>Outlet</i>	Diameter Besar	0,836
			Diameter Kecil	0,856
	IPAL Tirto Asri	<i>Inlet</i>	Diameter Besar	0,082
			Diameter Kecil	0,816
		<i>Outlet</i>	Diameter Besar	0,586
			Diameter Kecil	0,362

3.3.2 Analisis Masing-Masing Sampel

a. *Inlet* IPAL Palgading diameter besar

Data inlet IPAL Palgading diameter besar dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data inlet IPAL Palgading diameter besar

H (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
6	436	604	487,5	79,45
7	364	328	172,5	25,44
7,5	555	268	280	16,65
8,5	406,5	468	427,5	59,22
9	519,5	396	237,5	57,84
10,75	435,5	466	207,5	69,47
12,5	362,5	220	171,25	53,37
14,5	376	44	150	26,64

Pada pengujian distribusi normal, seluruh parameter telah memenuhi distribusi normal. Untuk pengujian korelasi sederhana terjadi korelasi yang kuat antara parameter TSS dengan ketinggian sebesar -0,730 atau 73%. Sedangkan parameter yang lain dapat dikatakan tidak terjadi korelasi dengan ketinggian. Terlihat pula terjadi korelasi yang kuat antara TSS dengan COD sebesar 0,757 atau 75,7% dan dengan BOD sebesar 0,762 atau 76,2% dan tidak terjadi

multikolinearitas. Sedangkan untuk korelasi berganda yang memenuhi signifikansi, F hitung, dan T hitung adalah ketinggian, TSS, dan BOD, sehingga didapatkan persamaan Tinggi = $12,068 - 0,024TSS + 0,122BOD$.

b. Inlet IPAL Palgading diameter kecil

Data inlet IPAL Palgading diameter kecil dapat dilihat pada Tabel 5. Pada pengujian distribusi normal, seluruh parameter telah memenuhi distribusi normal. Untuk pengujian korelasi sederhana terjadi korelasi yang kuat antara parameter TDS dengan ketinggian sebesar -0,811 atau 81,1%. Sedangkan parameter yang lain dapat dikatakan tidak terjadi korelasi dengan ketinggian. Terlihat pula terjadi korelasi yang kuat antara TSS dengan BOD sebesar 0,744 atau 74,4% dan tidak terjadi multikolinearitas. Sedangkan untuk korelasi berganda tidak ada yang memenuhi aspek signifikansi, nilai T hitung dan F hitung. Didapatkan persamaan regresi ketinggian dengan TDS, yaitu Tinggi = $22,832 - 0,027TDS$.

Tabel 5. Data inlet IPAL Palgading diameter kecil

H (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
8	555	268	280	16,65
8,25	519,5	396	237,5	57,84
9,5	406,5	468	427,5	59,22
11	436	604	487,5	79,45
11,5	462	520	271,25	59,80
11,75	435,5	466	207,5	69,47
12	364	328	172,5	25,44
15	362,5	220	171,25	53,37

c. Outlet IPAL Palgading diameter besar

Data outlet IPAL Palgading diameter besar dapat dilihat pada Tabel 6. Pada pengujian distribusi normal, awalnya ketinggian belum berdistribusi normal, setelah dilakukan transformasi data, seluruh parameter telah memenuhi distribusi normal. Untuk pengujian korelasi terjadi korelasi yang kuat antara ketinggian dengan TDS sebesar -0,779 atau 77,9% dan TSS sebesar -0,709 atau 70,9%. Terlihat pula adanya korelasi yang kuat antara TDS dengan TSS sebesar -0,821 atau 82,1%, TDS dengan BOD sebesar -0,784 atau 78,4%, dan TSS dengan BOD sebesar 0,749 atau 74,9% dan seluruh korelasi berganda, tetapi tidak ditemukan terjadinya multikolinearitas. Meskipun begitu terdapat aspek-aspek yang tidak terpenuhi seperti, signifikansi, T hitung, dan F hitung. Begitu juga dengan korelasi sederhana,

meskipun terjadi korelasi TDS dengan ketinggian serta TSS dengan ketinggian. Namun tetap tidak memenuhi aspek tersebut.

Tabel 6. Data outlet IPAL Palgading diameter besar

H (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
14	455,5	742	57,5	6,66
17,5	523	376	137,5	2,39
18	483,5	318	133,75	5,53
19	554	216	77,5	3,98
20,75	536	192	75	4,01
21,5	533	80	27,5	1,58
42,8	558	208	30	2,39

d. Outlet IPAL Palgading diameter kecil

Data outlet IPAL Palgading diameter kecil dapat dilihat pada Tabel 7. Pada pengujian distribusi normal, awalnya ketinggian, TDS, dan TSS belum berdistribusi normal. Setelah dilakukan transformasi data, TSS masih belum memenuhi 0,05 sehingga tidak dapat dilakukan pengujian ke tahap selanjutnya karena data tidak normal.

Tabel 7. Data outlet IPAL Palgading diameter kecil

H (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
14	455,5	742	57,5	6,66
15,5	545	328	205	4,76
16	554	216	77,5	3,98
18	533	80	27,5	1,58
19	536	192	75	4,01
19,5	438,5	200	95	3,91
20,75	483,5	318	133,75	5,53
39,5	558	208	30	2,39

e. Inlet IPAL Tirto Asri diameter besar

Data inlet IPAL Tirto Asri diameter besar dapat dilihat pada Tabel 8. Pada pengujian distribusi normal, seluruh parameter telah memenuhi distribusi normal. Untuk pengujian korelasi sederhana maupun bertingkat tidak terjadi korelasi yang kuat antara ketinggian dengan semua parameter independen. Tetapi terlihat adanya korelasi yang kuat antara TDS dengan COD sebesar 0,791 atau 79,1%, antara parameter independen dengan seluruh parameter dependen dengan nilai 0,719 atau 71,9% dan tidak ditemukan terjadinya

multikolinearitas. Namun, hal ini tidak dapat dilanjutkan ke regresi karena nilai signifikansi tidak memenuhi dimana seharusnya $p < 0,05$.

Tabel 8. Data inlet IPAL Tirto Asri diameter besar

H (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
5,5	425,5	468	568,75	37,82
7	398	420	390	31,80
8	355	800	321,25	29,38
8,75	392	226	285	45,01
9	284	164	47,5	6,37
10	280	224	167,5	28,59
10,5	277,5	276	221,25	37,69
12,5	403	24	275	21,87
13,75	305,5	466	143,75	37,23
15,5	402	8	272,5	22,61

f. *Inlet IPAL Tirto Asri diameter kecil*

Data inlet IPAL Tirto Asri diameter kecil dapat dilihat pada Tabel 9. Pada pengujian distribusi normal, seluruh parameter telah memenuhi distribusi normal. Untuk pengujian korelasi sederhana maupun bertingkat tidak terjadi korelasi yang kuat antara ketinggian dengan semua parameter independen. Tetapi terlihat adanya korelasi yang kuat antara TDS dengan COD sebesar 0,764 atau 76,4% dan tidak ditemukan terjadinya multikolinearitas. Meskipun begitu tidak dapat dilakukan pengujian ke tahap regresi jika dilihat dari signifikansi yang tidak memenuhi.

Tabel 9. Data inlet IPAL Tirto Asri diameter kecil

H (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
7,5	355	800	321,25	29,38
8,25	392	226	285	45,01
8,75	416,5	122	477,5	35,26
9	402	8	272,5	22,61
9,5	277,5	276	221,25	37,69
10	284	164	47,5	6,37
11	398	420	390	31,80
13	280	224	167,5	28,59
14	378	24	202,5	22,24

g. Outlet IPAL Tirto Asri diameter besar

Data outlet IPAL Tirto Asri diameter besar dapat dilihat pada Tabel 10. Pada pengujian distribusi normal, awalnya TDS belum berdistribusi normal. Setelah dilakukan transformasi data, TDS masih belum berdistribusi normal sehingga tidak dapat dilakukan pengujian ke tahap selanjutnya karena data tidak normal.

Tabel 10. Data outlet IPAL Tirto Asri diameter besar

H (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
13	453,5	572	95	11,89
52,75	237	192	53,75	19,96
68	174	112	167,5	4,78
71	218	452	28,75	20,38
87,5	213	360	51,25	15,86
99,5	205	32	65	2,38
140	178,5	136	30	16,45

h. Outlet IPAL Tirto Asri diameter kecil

Data outlet IPAL Tirto Asri diameter kecil dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Data outlet IPAL Tirto Asri diameter kecil

H (cm)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
13,25	453,50	572,00	95,00	11,89
42,50	237,00	192,00	53,75	19,96
59,75	218,00	452,00	28,75	20,38
67,50	174,00	112,00	167,50	4,78
75,50	205,00	32,00	65,00	2,38
84,50	213,00	360,00	51,25	15,86
102,75	178,50	136,00	30,00	16,45

Pada pengujian distribusi normal, awalnya TDS belum berdistribusi normal. Setelah dilakukan transformasi data, TDS masih belum berdistribusi normal sehingga tidak dapat dilakukan pengujian ke tahap selanjutnya karena data tidak normal. Secara keseluruhan korelasi berganda hanya terbentuk pada *inlet* IPAL Palgading diameter besar antara parameter TSS, BOD, dan ketinggian. Terbentuk pula regresi sederhana pada *inlet* IPAL Palgading diameter kecil parameter TDS dengan ketinggian. Tidak meratanya hasil korelasi yang terbentuk dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti konsistensi air limbah setiap harinya yang tidak sama dan kurang homogenya larutan sampel. Dapat juga dilihat pada

hasil pengujian parameter independen dan ketinggian air yang mempunyai fluktuasi cukup tinggi.

4. KESIMPULAN

Kualitas influen IPAL komunal Palgading dan Tirta Asri parameter TSS dan COD masih melebihi baku mutu, sedangkan parameter TDS dan BOD telah memenuhi baku mutu. Untuk bagian efluennya, parameter TDS, COD, dan BOD telah memenuhi baku mutu, sedangkan TSS masih melebihi baku mutu. Baku mutu yang digunakan berdasarkan Perda DIY No. 7 Tahun 2016. Pembuatan alat *clarity meter* perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut. Karena hasil yang didapatkan belum maksimal. Meskipun begitu telah terbentuk regresi berganda pada *inlet* IPAL Palgading diameter besar antara parameter TSS, BOD, dan ketinggian sehingga terbentuk persamaan Y (ketinggian) = $12,068 - 0,024TSS + 0,122BOD$. Terbentuk pula regresi sederhana pada *inlet* IPAL Palgading diameter kecil antara parameter TDS dan ketinggian sehingga membentuk persamaan Y (ketinggian) = $22,832 - 0,027TDS$. Sedangkan pada poin yang lain masih belum memenuhi dari segi normalitas dan signifikansinya.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DPPM UII) yang telah memberikan hibah dengan no 07/Dir/DPPM/80/Batch 2/XI/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifudin dan Setiyono. (2019). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Gedung Perkantoran X di Jakarta. *JRL*, 12 (2) : 89-98.
- Bhakti, A dan Herumurti, W. (2016). Evaluasi Kinerja IPAL-IPAL Program SPBM-USRI Tahun Pembangunan 2012-2014 di Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2) : C118-C123.
- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan. Yogyakarta: Kanisius.
- Kurnianingtyas, E., Prasetya, A., dan Tawfiequrrahman, A. (2020). Kajian Kinerja Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal (Studi Kasus: IPAL Komunal Kalisong, Kelurahan Sembung, Kecamatan Tulungagung, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur). *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(1) : 62-70.
- Kustiyaningsih dan Irawanto. (2020). Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) dalam Fitoremediasi Deterjen dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(1) : 143-148.

- Paramita. (2012). BIodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1 : E23-E26.
- Purwatinigrum, O. (2016). Gambaran Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Komunal di Kelurahan Simokerto, Kecamatan Simokerto, Kota Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10 (2) :241-251.
- Iskandar, S., Fransisca, I., Arianto, E., dan Ruslan, A. (2016). Buku 3 : Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik-Terpusat Skala Pemukiman. Jakarta: Kemetrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- South dan Nazir. (2016). Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (Grey Water) pada Salah Satu Perumahan Menengah Keatas yang Berada di Tangerang Selatan. *Ecolab*, 10(2) : 47-102.
- Susanthi, Purwanto, dan Suprihatin. (2018). Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2) : 229-238.
- Sutisna, A. (2018). Penentuan Angka Dissolved Oxygen (DO) pada Air Sumur Warga Sekitar Industri CV. Bumi Waras Bandar Lampung. *Jurnal Analis Farmasi*, 3(4) : 246-251.
- Wijyaningrat, A. T. (2018). Evaluasi Kinerja IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul, Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta Ditinjau dari Parameter Fisika dan Kimia. Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan: Universitas Islam Indonesia.
- Yuliara, I. M. (2016). Regresi Linier Berganda. Denpasar: Universitas Udayana.