

ANALISIS PENGARUH SPASIAL DAN TEMPORAL TERHADAP PERUBAHAN KUALITAS MIKROBA DI SEPANJANG SUNGAI OPAK, YOGYAKARTA

INFLUENCE OF SPATIAL AND TEMPORAL FACTOR ON MICROBIAL QUALITY ALONG OPAK RIVER, YOGYAKARTA

Priscaningtyan

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia

Jalan Kaliurang Km 14,5 D.I. Yogyakarta–55584

e-mail : priscaningtyan12@gmail.com

ABSTRAK

Sungai merupakan saluran drainase yang terbentuk oleh alam dan memiliki fungsi untuk mengalirkan air hujan. Seiring dengan kemajuan zaman, meningkatnya pertumbuhan penduduk, dan perubahan tata guna lahan mengakibatkan tekanan terhadap kondisi lingkungan sehingga terjadi perubahan ekosistem sungai dengan adanya penurunan kuantitas dan kualitas sungai. Pencemaran sungai dapat diakibatkan oleh berbagai faktor seperti limbah baik dari industri, rumah tangga, perikanan, dan pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air dan mengevaluasi pengaruh lokasi dan musim terhadap kualitas air Sungai Opak berdasarkan parameter mikrobiologi dengan menggunakan Water Quality Index dan analisis statistik (ANOVA). Sungai Opak dibagi menjadi 8 segmen utama dengan waktu sampling dari Bulan Februari sampai dengan Bulan Mei 2018. Pengujian mikrobiologi menggunakan Most Probable Number (MPN) seri 333 dan Media Selektif Chromocult Coliform Agar (CCA). Adapun nilai Indeks Pencemaran pada Sungai Opak termasuk dalam kategori tercemar ringan. Hasil analisis menggunakan One-way ANOVA menunjukkan bahwa lokasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perbedaan rata-rata Escherichia coli dibandingkan dengan musim.

Kata Kunci: Indeks Pencemaran, Indeks Status Mutu Air, Mikrobiologi, One-way ANOVA, Sungai, Sungai Opak.

ABSTRACT

The river is a drainage channel which is naturally formed and has a function to drain off rainwater. The massive increasing of population, changes in the land used and impacted environmental conditions by altering the river ecosystem which decreased the quantity and quality of the river. Generally, the source of river pollution are from wastes from industries, households, fisheries, and agricultures. This study aims to knowing water quality and evaluate the influence of spacial and temporal on the quality of the Opak River based on microbiological parameters using water quality index and statistics analysis (ANOVA). The Opak River is divided into 8 main segemnts with the sampling time from February to May 2018. Microbio measurements are done using a three series of Most Probable Number (MPN) and Chromocult Coliform Agar (CCA) selective media. Generally, The Pollution Index in the Opak River was categorized in lightly polluted. The result of analisys which used One-way ANOVA show that the location has significantly effect on the average difference Escherichia coli rather than season.

Keywords: Microbiology, One-way ANOVA, Opak River, Pollution Index, River, Water Quality Status.

I. PENDAHULUAN

Sungai merupakan saluran drainase yang terbentuk oleh alam dan memiliki fungsi untuk mengalirkan air hujan dalam bentuk run off (Wardhana, 2015). Di Yogyakarta, sungai menjadi sumber air yang digunakan untuk berbagai keperluan seperti keperluan hidup sehari-hari, industri, pertanian, dan lain sebagainya. Seiring dengan kemajuan zaman, meningkatnya pertumbuhan penduduk, dan perubahan tata guna lahan mengakibatkan tekanan terhadap kondisi lingkungan sehingga terjadi perubahan ekosistem sungai dengan adanya penurunan kuantitas dan kualitas sungai (Brontowiyono *et al.*, 2013). Salah satu isu penting yang menarik untuk dikaji yaitu pencemaran mikrobiologi pada air sungai.

Parameter mikrobiologi merupakan parameter yang digunakan untuk menilai kualitas suatu perairan berdasarkan konsentrasi mikroorganisme yang terdapat di dalamnya dengan menggunakan dua indikator yaitu *total coliform* dan *fecal coliform*. Kehadiran mikroorganisme pada air sungai mempengaruhi penurunan kualitas air pada parameter mikrobiologi sehingga air tidak dapat dimanfaatkan untuk peruntukan tertentu dan akan menimbulkan masalah sanitasi serta berpotensi menimbulkan berbagai macam penyakit yang berdampak buruk bagi kesehatan manusia dikarenakan air tercemar oleh bakteri yang bersifat patogen.

Pencemaran sungai juga dapat dipengaruhi oleh musim. Pada musim kemarau, suhu air sungai mengalami peningkatan dan terjadi kekeruhan, karena kedalaman air sungai cenderung turun. Sedangkan pada musim penghujan dapat meningkatkan beban pencemar dikarenakan masuknya air limpasan dari permukaan yang mengandung senyawa organik masuk ke dalam sungai dan dapat menurunkan kualitas air.

Berdasarkan uraian tersebut, maka diperlukan penelitian untuk menganalisis kualitas air di Sungai Opak berdasarkan parameter mikrobiologi meliputi *Total Coliform* dan *Fecal Coliform* serta hubungan antara lokasi dan musim terhadap distribusi bakteri dengan menggunakan Indeks Pencemaran untuk mengetahui status mutu air pencemaran yang terjadi di Sungai Opak Yogyakarta.

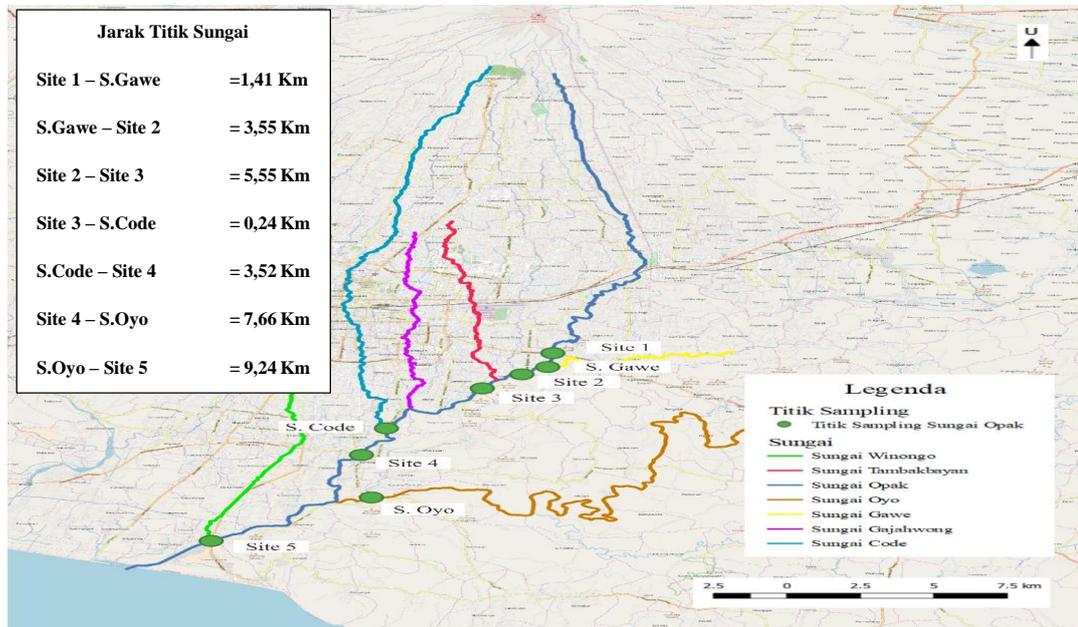
II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di dua tempat yaitu secara langsung di Sungai Opak Yogyakarta dan pengujian di Laboratorium Bioteknologi Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

2.1 Pengambilan Sampel Air Sungai

Pengambilan sampel air dilakukan pada 8 titik berdasarkan *grab sampling*, yaitu suatu metode pengambilan sampel diambil langsung pada suatu titik yang dianggap bisa menjadi perwakilan kualitas sungai di daerah tersebut, seperti pertemuan antar sungai topografi dan karakter area di

sekitar daerah aliran sungai, industri, dan *home industry* di sepanjang aliran sungai. Pengambilan sampel air sungai mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.57:2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. Titik pengambilan sampel dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut.



Gambar 1 Lokasi Titik Pengambilan Sampel

Informasi titik pengambilan sampel air ditunjukkan pada **Tabel 1** berikut

Tabel 1 Informasi Titik Pengambilan Sampel Air

Kode	Lokasi	Lintang	Bujur	Kondisi Lingkungan Sekitar
Site 1	Jembatan Panasan Kaliopak, Kelurahan Srimulyo, Kecamatan Piyungan	Garis Lintang 7°49'22.98"S	Garis Bujur 110°27'20.28"T	Lokasi ini dekat dengan pemukiman warga, persawahan, dan pabrik pengolahan pasir
S.Gawe	Jembatan Bintaran Kulon, Kelurahan Srimulyo, Kecamatan Piyungan.	Garis Lintang 7°50'10.31"S	Garis Bujur 110°27'07.48"T	Lokasi ini dekat dengan persawahan, pemukiman warga, dan pekarangan.
Site 2	Jembatan Ngablak, Kelurahan Jambidan, Kecamatan Banguntapan.	Garis Lintang 7°51'09.97"S	Garis Bujur 110°25'31.35"T	Lokasi ini dekat dengan pemukiman warga, persawahan, dan TPST Piyungan.
Site 3	Jembatan Blawong, Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Jetis.	Garis Lintang 7°52'37.71"S	Garis Bujur 110°23'36.76"T	Lokasi ini dekat pemukiman warga, persawahan, dan pekarangan.
S.Code	Jembatan Kembang Songo, Kelurahan	Garis Lintang 7°53'13.74"S	Garis Bujur 110°23'11.49"T	Lokasi ini dekat dengan pemukiman warga, persawahan,

	Trimulyo, Kecamatan Jetis.			dan pertemuan antara Sungai Code dan Sungai Opak.
Site 4	Jembatan Barongan, Kelurahan Sumberagung, Kecamatan Jetis.	Garis Lintang 7°54'35.46"S	Garis Bujur 110°22'40.11"T	Lokasi ini dekat dengan pemukiman warga, persawahan, dan disekitar sungai terdapat tumpukan sampah.
S.Oyo	Jembatan Siluk, Kelurahan Sriharjo, Kecamatan Imogiri.	Garis Lintang 7°56'47.26"S	Garis Bujur 110°22'55.14"T	Lokasi ini dekat dengan pemukiman warga, persawahan, persawahan, dan pertemuan antara Sungai Oyo dan Sungai Opak.
Site 5	Jembatan Kretek, Kelurahan Donotirto, Kecamatan Kretek	Garis Lintang 7°59'09.24"S	Garis Bujur 110°18'53.15"T	Lokasi ini didominasi persawahan, pekarangan, dan terdapat pemukiman warga.

2.2 Pengujian Parameter Mikrobiologi

Pengujian Parameter Mikrobiologi meliputi *Total Coliform* dan *Fecal Coliform* menggunakan MPN (*Most Probable Number*) dengan tiga series pendugaan 10, 1, dan 0,1 mL.

- ❖ Uji Pendugaan (*Presumptive Test*) dilakukan dengan cara menginkubasi media *Lactose Broth* (LB) selama 24 - 48 jam pada suhu 37⁰C dan dilihat ada atau tidaknya pembentukan gas dalam tabung durham. Jika terdapat pembentukan gas maka dilanjutkan dengan uji penegasan.
- ❖ Uji Penegasan (*Confirmed Test*) dilakukan dengan cara menginokulasikan hasil yang positif dari uji pendugaan ke dalam media selektif *Brilliant Green Lactose Bile broth* (BGLB) selama 24 – 48 jam. Untuk *total coliform* di inkubasi pada suhu 37⁰C dan fecal coliform pada suhu 44 – 44,5 ⁰C.
- ❖ Hasil tabung yang positif kemudian dicocokkan pada tabel MPN 333 menurut *Formula Thomas* (Soemarno, 2000).

Metode yang digunakan untuk menganalisa kandungan *E. coli* menggunakan isolasi bakteri dengan cara *pour plate*. Metode ini menggunakan media selektif yang dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan *E.coli*, yaitu *Chromocult Coliform Agar* (CCA). *E. coli* yang diukur dengan menggunakan metode *single-agar-layer* dengan *Chromocult Coliform Agar* (Merck Milipore). Setelah inkubasi pada suhu 37⁰C selama 24 jam, akan terlihat koloni biru tua sebagai terbentuknya *E. coli* (Haramoto, 2015).

2.3 Evaluasi Data Mikrobiologi

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan data dengan berbagai metode untuk menggambarkan kualitas air Sungai Opak. Evaluasi data menggunakan diagram *boxplot*. Diagram *boxplot* memudahkan dalam

penyajian data dan menampilkan 5 nilai ukuran secara ringkas yang terdiri dari rentang nilai minimum data dan nilai data maksimum, kuartil atas dan bawah, serta median. Nilai kuartil 1 (Q1) memiliki bobot nilai 25% dari data terendah yang didapatkan, kuartil 2 (Q2) atau median merupakan nilai tengah dari keseluruhan data, dan kuartil ketiga Q3 memiliki bobot nilai 25% dari data tertinggi yang didapatkan.

a) **Metode Indeks Pencemaran** : Penggunaan metode Indeks Pencemaran pada penelitian ini dikarenakan metode ini lebih mudah untuk digunakan dalam menganalisis perubahan pengaruh lokasi dan musim, selain itu angka indeks dapat diketahui pada saat sekali sampling. Metode Indeks Pencemaran merupakan metode pembuatan nilai indeks berdasarkan kumpulan parameter pencemar. Adapun penentuan IP dilakukan dengan penentuan dari *resultante* nilai maksimum dan nilai rerata rasio konsentrasi perparameter terhadap nilai baku mutu berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Rumus perhitungan nilai Indeks Pencemaran adalah sebagai berikut:

$$PI_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 - (C_i/L_{ij})_R^2}{2}}$$

Keterangan:

PI_j = Indeks pencemaran bagi peruntukan (j)

C_i = Parameter kualitas air di lapangan (i)

L_{ij} = Konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam baku mutu peruntukan Air (j)

$(C_i/L_{ij})_M$ = Nilai C_i/L_{ij} Maksimum

$(C_i/L_{ij})_R$ = Nilai C_i/L_{ij} Rata-rata

Hasil perhitungan Indeks Pencemaran selanjutnya dianalisis berdasarkan ketentuan berikut:

$0 \leq PI_j \leq 1,0$ → memenuhi baku mutu (kondisi baik)

$1,0 < PI_j \leq 5,0$ → cemar ringan

$5,0 < PI_j \leq 10$ → cemar sedang

$PI_j > 10$ → cemar berat

b) **Metode Storet** : Metode storet menggunakan data nilai minimum, maksimum, dan rerata dalam rentang waktu tertentu. Apabila hasil memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan sesuai peruntukannya, maka skor yang diberikan = 0, sedangkan apabila hasil tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan maka skor akan mengikuti **Tabel 2** berikut

Tabel 2 Skor Setiap Parameter untuk Metode Storet

Jumlah parameter	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
<10	Min	-1	-2	-3
	Maks	-1	-2	-3
	Rerata	-3	-6	-9
≥10	Min	-2	-4	-6
	Maks	-2	-4	-6
	Rerata	-6	-12	-18

Sumber : Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003

Semua parameter yang diuji akan dihitung total jumlah negatifnya dan skor akhir akan berupa nilai yang dapat diklasifikasikan dalam 4 Kelas

Kelas A : baik sekali, skor = 0 : memenuhi baku mutu

Kelas B : baik, skor = -1 sd -10 : cemar ringan

Kelas C : sedang, skor = -11 sd -30 : cemar sedang

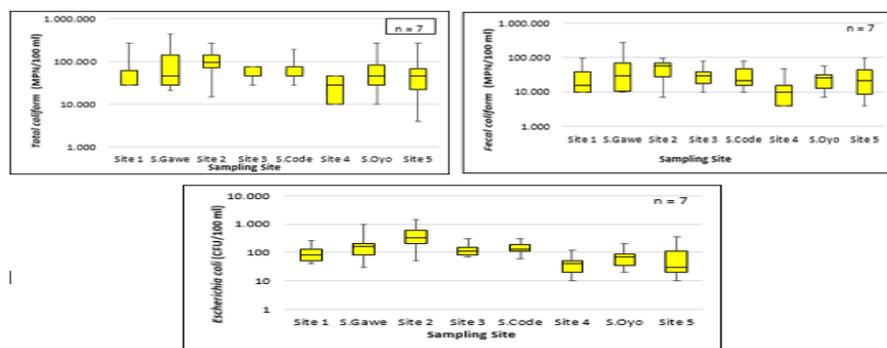
Kelas D : buruk, skor = \geq -31 : cemar berat

- c) **Analisis Statistik** : Analisis statistik yang digunakan pada penelitian ini adalah *Analysis of Variance* (ANOVA). Pada penelitian ini, ANOVA digunakan untuk melihat perbedaan rata-rata konsentrasi data mikrobiologi terhadap lokasi dan musim. Angka signifikansi yang digunakan adalah 0.05 yang berarti bahwa tingkat kepercayaan yang diinginkan adalah 95%. Analisis ANOVA dilakukan menggunakan *One-way ANOVA* pada *Microsoft Excel* dimana variabel independen yaitu *site* dan bulan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Kandungan Mikrobiologi

Data hasil pemantauan konsentrasi mikrobiologi per *site* di sepanjang Sungai Opak Yogyakarta dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut.



Gambar 2 Diagram Boxplot Konsentrasi Total Coliform, Fecal Coliform, dan *Escherichia coli* per Site di Sepanjang Sungai Opak Yogyakarta

Gambar 2 merupakan diagram *boxplot* konsentrasi *Total Coliform*, *Fecal Coliform*, dan *Escherichia coli* per lokasi sampling di sepanjang Sungai Opak Yogyakarta. Konsentrasi *Total Coliform* yang diperoleh berkisar 4000 MPN/100 ml – 438000 MPN/100 ml, konsentrasi *Fecal Coliform* berkisar 4000 MPN/100 ml – 271000 MPN/100 ml, dan konsentrasi *Escherichia coli* berkisar 10 CFU/100 ml – 1480 CFU/100 ml. Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No 20 Tahun 2008, konsentrasi *total coliform* yang diperbolehkan pada sungai dengan kategori kelas I adalah 1000 MPN/100 ml, kelas II 5000 MPN/100 ml dan 10000 MPN/100 ml pada sungai dengan kategori kelas III dan IV. Sedangkan untuk konsentrasi *fecal coliform* yang diperbolehkan pada sungai dengan kategori kelas I sebesar 100 MPN/100 ml, kelas II yaitu 1000 MPN/100 ml, dan 2000 MPN/100 ml untuk kategori kelas III dan IV.

Pada **Gambar 2** dapat terlihat bahwa konsentrasi *total coliform* di setiap *site* telah melebihi baku mutu yang telah ditentukan dan masuk kedalam kelas III. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, konsentrasi *total coliform* tertinggi berada pada *S.Gawe* dan konsentrasi nilai total coliform terendah terdapat pada *Site 5*. Tingginya konsentrasi *total coliform* pada *S.Gawe* yaitu, terdapat limbah tahu yang dibuang langsung ke badan sungai serta faktor pendukung dimana lokasi sampling pada *S.Gawe* dikelilingi perumahan dan persawahan yang mengakibatkan bertambahnya beban pencemar dari limbah domestik. Menurut Fachrurozi, dkk (2010) dikarenakan adanya input dari Sungai Gawe yang tercemar oleh limbah pabrik tahu yang dibuang langsung ke badan sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Rendahnya konsentrasi *total coliform* pada *Site 5* dikarenakan kondisi lingkungannya lebih didominasi oleh oleh pemukiman dan persawahan, jika dibandingkan dengan *site 5* kondisi lingkungannya lebih didominasi oleh persawahan dan pekarangan. Adapun jarak pengambilan titik sampling dari *S.Oyo* ke *Site 5* memiliki jarak 9,24 Km. Sehingga memungkinkan terdapat faktor lain yang menyebabkan berkurangnya konsentrasi total coliform.

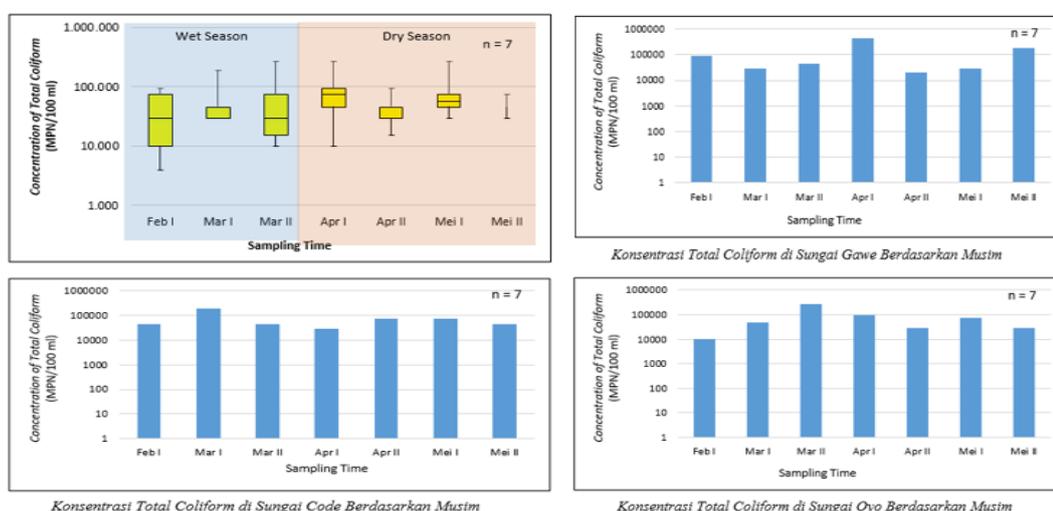
Pada **Gambar 2** dapat terlihat bahwa konsentrasi tertinggi terdapat pada *S.Gawe* sedangkan konsentrasi terendah berada pada *Site 4* dan *Site 5*. Tingginya konsentrasi *fecal coliform* pada *S. Gawe* yang berlokasi di Kecamatan Piyungan dikarenakan masih terdapat masyarakat yang melakukan BABS. Hal ini diperkuat dengan data Laporan Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Bantul (2016), bahwa pada Kecamatan Piyungan terdapat 677 KK yang masih melakukan BABS (Buang Air Besar Sembarangan).

Rendahnya konsentrasi *fecal coliform* pada *Site 5* disebabkan daerah pada Kecamatan Kretek didominasi oleh persawahan dan pekarangan sehingga limbah domestik yang masuk sedikit. Adapun jarak yang terlalu jauh *S.Oyo* ke *Site 5* sebesar 9,24 Km memungkinkan adanya faktor yang dapat

mengurangi nilai konsentrasi fecal coliform. Pada *S.Oyo* kondisi air sungai nya lebih tenang dan jumlah airnya lebih sedikit dibandingkan dengan kondisi air sungai pada *Site 5*, sehingga hal ini dapat mempengaruhi perbedaan nilai konsentrasi *fecal coliform*. Menurut Fathoni (2016), kepadatan *coliform* lebih besar terjadi pada saat surut dibandingkan saat pasang, hal ini dipengaruhi oleh masukan buangan organik serta debit air sungai.

Pada **Gambar 2** dapat terlihat bahwa konsentrasi tertinggi terdapat pada *Site 2* sedangkan konsentrasi terendah berada pada *Site 4* dan *Site 5*. Tingginya konsentrasi *Escherichia coli* pada site 2 dikarenakan di sepanjang aliran sungai padat akan pemukiman sehingga limbah domestik yang masuk juga tinggi. Hal ini sesuai dengan data yang diperoleh dari Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Bantul (2015), menyatakan bahwa kepadatan penduduk tertinggi berada di Kecamatan Banguntapan sebesar 3.748,28 jiwa/km². Menurut Trisnawulan (2007) lokasi pemukiman yang padat dengan kerapatan penduduk yang tinggi, jarak antara satu rumah dengan rumah yang lain sangat dekat, jarak antara pembuangan limbah rumah tangga dan penampung feses dengan air cenderung berdekatan, sehingga menyebabkan pencemaran bakteri *coliform*.

Data hasil pemantauan konsentrasi mikrobiologi per bulan di sepanjang Sungai Opak Yogyakarta dapat dilihat pada **Gambar 3, 4, dan 5** berikut.



Gambar 3 Diagram Boxplot Konsentrasi Total Coliform per Waktu Sampling di Sepanjang Sungai Opak Yogyakarta

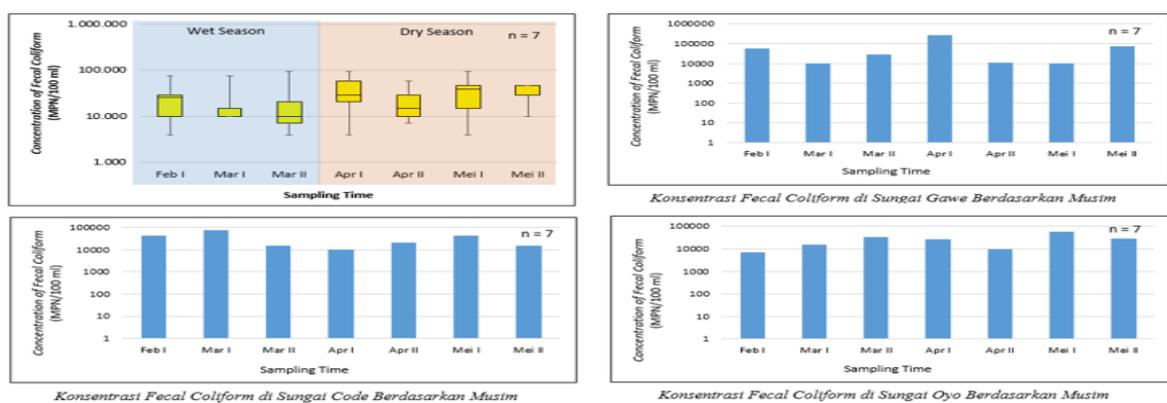
Gambar 3 merupakan diagram *boxplot* konsentrasi *Total Coliform* di sepanjang Sungai Opak Yogyakarta pada musim penghujan dan musim kemarau, dan memiliki rentang nilai 4000 MPN/100 ml hingga 271000 MPN/100 ml. Konsentrasi *total coliform* tertinggi terdapat pada periode bulan Maret II, April I, dan Mei I yaitu sebesar 271000 MPN/100 ml dan konsentrasi terendah berada pada

periode bulan Februari I yaitu 4000 MPN/100 ml. Tingginya konsentrasi *total coliform* disebabkan pada musim kemarau kepadatan bakteri coliform lebih tinggi dibandingkan musim hujan, hal ini dipengaruhi oleh masukan buangan organik dan berkurangnya debit air sungai.

Diagram konsentrasi *total coliform* yang merupakan lokasi bertemunya Sungai Gawe dan Sungai Opak. Rentang hasil konsentrasi *total coliform* pada S.Gawe berkisar 21000 MPN/100 ml hingga 438000 MPN/100 ml. Tingginya konsentrasi *total coliform* pada periode bulan April I disebabkan pada bulan April sudah memasuki musim kemarau, sehingga kepadatan bakteri *coliform* lebih tinggi daripada musim hujan. Adapun penyebab lainnya pada S.Gawe menurut Fachrurozi, dkk (2010) dikarenakan adanya input limbah pabrik tahu yang dibuang langsung ke badan sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dan lokasi sampling dikelilingi perumahan serta persawahan yang mengakibatkan bertambahnya beban pencemar dari limbah domestik.

Diagram lokasi bertemunya Sungai Code dan Sungai Opak. Rentang hasil konsentrasi *total coliform* pada S.Code berkisar 29000 MPN/100 ml hingga 190000 MPN/100 ml. Konsentrasi *total coliform* tertinggi berada pada periode bulan Maret I yaitu 190000 MPN/100 ml, hal ini dapat diakibatkan oleh aktivitas pembuangan beban pencemar seperti buangan limbah domestik, industri rumahan, dan pembuangan sampah ke badan sungai.

Diagram konsentrasi *total coliform* yang merupakan lokasi bertemunya Sungai Oyo dan Sungai Opak. Rentang hasil konsentrasi *total coliform* pada S.Oyo berkisar 10000 MPN/100 ml hingga 271000 MPN/100 ml. Jika dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No 20 Tahun 2008, konsentrasi *total coliform* telah melebihi standar baku mutu yang telah ditentukan dan masuk ke dalam kategori kelas III.



Gambar 4 Diagram Boxplot Konsentrasi Fecal Coliform per Waktu Sampling di Sepanjang Sungai Opak Yogyakarta

Gambar 4 merupakan diagram *boxplot* konsentrasi *Fecal Coliform* di sepanjang Sungai Opak Yogyakarta pada musim penghujan dan musim kemarau, dan memiliki rentang nilai 4000 MPN/100

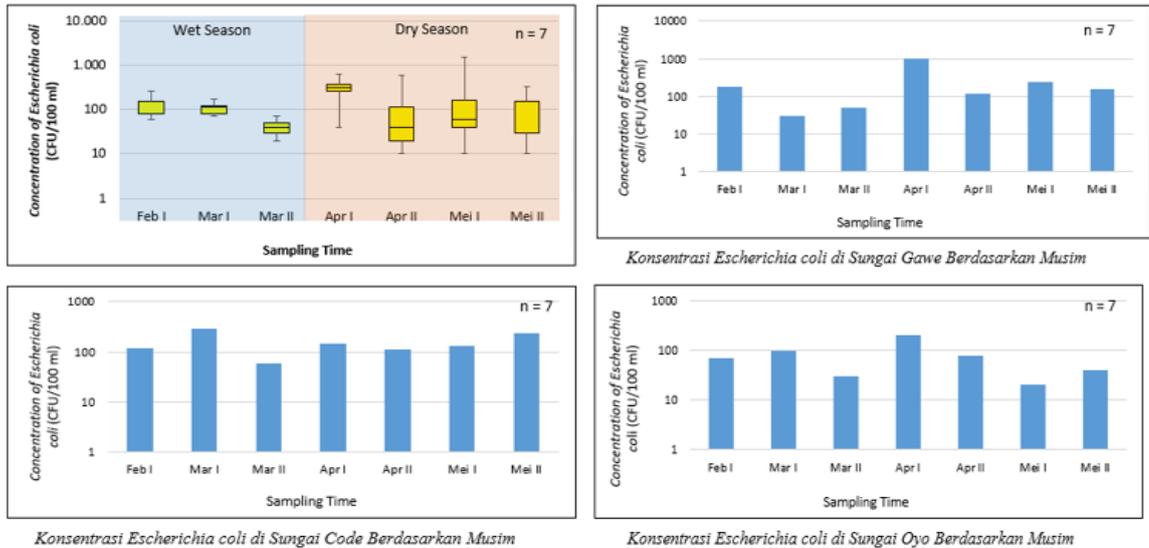
ml hingga 95000 MPN/100 ml. Konsentrasi tertinggi *fecal coliform* berada pada periode bulan Maret II, April I, dan Mei I dengan nilai konsentrasi 95000 MPN/100 ml. Sedangkan konsentrasi terendah sebesar 4000 MPN/100 ml. Pada rentang bulan Februari hingga Maret merupakan musim penghujan dimana konsentrasi *fecal coliform* pada rentang tersebut mengalami penurunan. Hal ini disebabkan pada saat volume air sungai meningkat maka terjadi pengenceran beban pencemar yang masuk ke badan sungai sehingga nilai konsentrasi bakteri mengalami penurunan. Menurut Arisanty (2017) menyatakan bahwa kandungan bakteri *fecal coliform* tinggi pada saat surut dibandingkan pada saat pasang.

Pada rentang bulan April hingga Mei, konsentrasi bakteri *fecal coliform* mengalami fluktuatif. Hal ini disebabkan pada saat memasuki masa kemarau konsentrasi bakteri *coliform* lebih tinggi dibandingkan musim hujan, hal ini dipengaruhi oleh masukan buangan organik (buang sampah ke sungai, limbah domestik) oleh masyarakat dan berkurangnya debit air sungai. Menurut Khotimah (2013), saat surut aliran air sungai mengarah ke hilir sehingga ketinggian dan debit air sungai mengalami penurunan yang berarti berbanding terbalik dengan konsentrasi bakteri di dalam air karena buangan organik akibat aktivitas manusia. Sedangkan pada saat pasang, debit air bertambah karena masuknya air laut dari hilir sungai menuju hulu sungai sehingga terjadi pengenceran buangan organik dalam jumlah yang besar.

Gambar 4 merupakan diagram konsentrasi *fecal coliform* yang merupakan lokasi bertemunya:

- ❖ Sungai Gawe dan Sungai Opak dengan rentang berkisar 10000 MPN/100 ml hingga 271000 MPN/100 ml.
- ❖ Sungai Code dan Sungai Opak dengan rentang berkisar 10000 MPN/100 ml hingga 76000 MPN/100 ml.
- ❖ Sungai Oyo dan Sungai Opak dengan rentang berkisar 7000 MPN/100 ml hingga 58000 MPN/100 ml.

Jika dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No 20 Tahun 2008, konsentrasi *fecal coliform* yang diperbolehkan pada Sungai Opak masuk pada kelas III . Kualitas air sungai pada S.Gawe, S.Code, dan S.Oyo sudah melebihi batas baku mutu, sehingga peruntukannya hanya digunakan untuk mengairi pertanian.



Gambar 5 Diagram Boxplot Konsentrasi *Escherichia coli* per Waktu Sampling di Sepanjang Sungai Opak Yogyakarta

Gambar 5 merupakan diagram *boxplot* konsentrasi *Escherichia coli* di sepanjang Sungai Opak Yogyakarta pada musim penghujan dan musim kemarau, dan memiliki rentang nilai 10 CFU/100 ml – 1480 CFU/100 ml. Konsentrasi *Escherichia coli* tertinggi terjadi pada periode bulan Mei I sebesar 1480 CFU/100 ml sedangkan konsentrasi terendah terjadi pada bulan April II, Mei I, dan Mei II sebesar 10 CFU/100 ml. Pada rentang bulan Februari hingga Maret merupakan musim penghujan, dimana pada rentang tersebut nilai konsentrasi *Escherichia coli* mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena pada musim hujan volume air sungai meningkat maka terjadi pengenceran konsentrasi sehingga nilai konsentrasi bakteri mengalami penurunan. Sedangkan pada rentang bulan April hingga Mei konsentrasi *Escherichia coli* mengalami peningkatan konsentrasi dibandingkan pada saat bulan Februari hingga Maret.

Gambar 5 merupakan diagram konsentrasi *Escherichia coli* yang merupakan lokasi bertemunya:

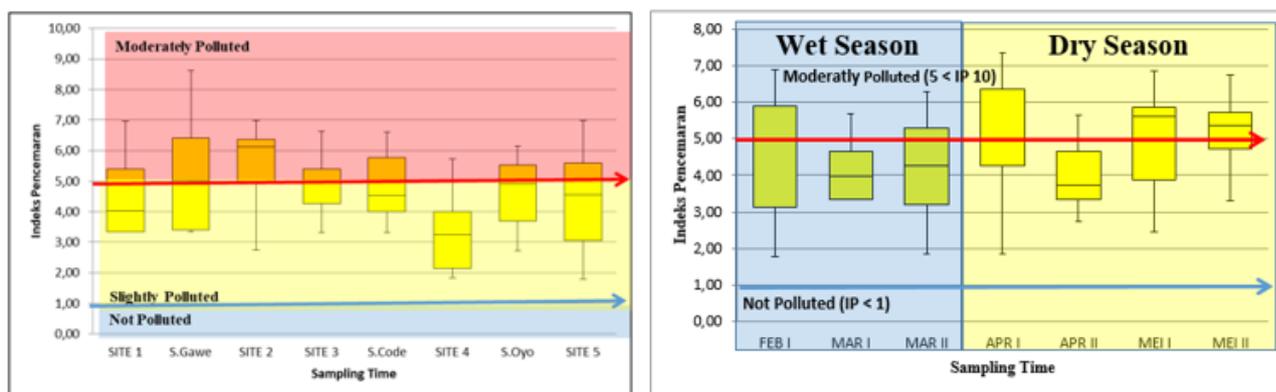
- ❖ Sungai Gawe dan Sungai Opak dengan rentang berkisar 30 CFU/100 ml hingga 1010 CFU/100 ml.
- ❖ Sungai Code dan Sungai Opak dengan rentang berkisar 60 CFU/100 ml hingga 300 CFU/100 ml.
- ❖ Sungai Oyo dan Sungai Opak dengan rentang berkisar 20 CFU/100 ml hingga 210 CFU/100 ml.

Hasil dari ketiga site pada **Gambar 5**, pada musim kemarau nilai konsentrasi *Escherichia coli* lebih meningkat dibandingkan pada musim hujan, hal ini dikarenakan pada musim kemarau jumlah beban pencemar yang masuk ke dalam badan sungai tetap sama tetapi debit sungai berkurang. Jika

dilihat dari tingginya hasil konsentrasi *Escherichia coli*, maka air Sungai Opak tidak layak untuk dikonsumsi. Menurut Arisanty (2017) Bakteri *Escherichia coli* jika dikonsumsi secara jangka panjang dapat menyebabkan timbulnya penyakit seperti radang usus, diare, dan infeksi pada saluran kemih dan empedu. Angka diare mengalami peningkatan pada musim kemarau, sedangkan pada musim hujan angka kejadian diare tetap ada tetapi tidak setinggi pada musim kemarau.

3.2 Water Quality Index (Metode Indeks Pencemaran)

Berikut merupakan diagram *boxplot* yang menunjukkan nilai rata-rata Indeks Pencemaran (IP) pada setiap titik pengambilan sampel di Sungai Opak Yogyakarta. Nilai hasil perhitungan IP per *site* dan per bulan pada Sungai Opak Yogyakarta dapat dilihat pada **Gambar 6** berikut.



Gambar 6 Diagram *Boxplot* Indeks Pencemaran per Site (a) dan per Bulan (b)

Berdasarkan diagram *boxplot* pada Gambar 6, menunjukkan hasil dari nilai rata-rata Indeks Pencemaran pada setiap titik pengambilan sampel di Sungai Opak. Dari diagram diatas untuk Site 1, Site 3, S.Code, Site 4, S.Oyo, dan Site 5 memiliki status mutu air tercemar ringan. Sedangkan untuk S.Gawe dan Site 2 termasuk dalam status mutu air tercemar sedang. Nilai indeks pencemar pada S.Gawe tinggi menurut Fachrurozi, dkk (2010) dikarenakan adanya input dari Sungai Gawe yang tercemar oleh limbah pabrik tahu yang dibuang langsung ke badan sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, sedangkan tingginya nilai indeks pencemar pada Site 2 dikarenakan lokasi dekat dengan TPST Piyungan. Aktivitas TPST menghasilkan air lindi yang berpotensi mencemari Sungai Opak. Penelitian yang dilakukan oleh Susanto J.P dkk (2004) menyebutkan bahwa dampak dari TPST Piyungan yaitu terdapat pencemaran air sungai dengan adanya perubahan warna air Sungai Opak dan menyebabkan gatal-gatal pada kulit. Hal ini terbukti dari 12 sumur gali disekitar TPST Piyungan, 58,3% sudah tercemar oleh air lindi. Lindi dari TPST Piyungan memiliki peluang menimbulkan pencemaran Sungai Opak dikarenakan aliran lindi yang tidak masuk ke dalam bak penampung dan bak aerasi, akan langsung melewati parit yang menuju Sungai Opak.

Berdasarkan diagram *boxplot* pada gambar 6, menunjukkan hasil dari nilai rata-rata Indeks Pencemaran pada setiap periode bulan pengambilan sampel di Sungai Opak. Berdasarkan nilai rata-rata Indeks Pencemaran tersebut, nilai IP tertinggi berada pada bulan April I yaitu sebesar 6,34. Untuk nilai IP terendah berada pada bulan Februari I sebesar 3,13. Adapun hasil pemantauan yang dilakukan peneliti dengan menggunakan IP, hasil yang di dapatkan menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Opak masuk kedalam kelas tercemar ringan dan tercemar sedang. Untuk tercemar sedang berada pada periode bulan April I dan Mei II. Nilai indeks pencemaran yang tinggi pada periode bulan April I disebabkan karena pada bulan April I merupakan bulan transisi dari musim hujan ke musim kemarau. Sedangkan pada periode bulan Mei II sudah memasuki musim kemarau sehingga dengan adanya beban pencemar yang masuk ke badan air yang berasal dari limpasan drainase limbah domestik serta kepadatan bakteri yang lebih tinggi di musim kemarau jika dibandingkan dengan musim hujan.

3.3 *Water Quality Index (Metode Storet)*

Tabel 3 berikut merupakan hasil perhitungan status mutu air dengan metode storet.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Status Mutu Air Metode Storet

Lokasi	Nilai Storet*	Status Mutu Air	
		Kelas	Status
SITE 1	-30,00	Kelas C	Tercemar Sedang
S.Gawe	-30,00	Kelas C	Tercemar Sedang
SITE 2	-30,00	Kelas C	Tercemar Sedang
SITE 3	-30,00	Kelas C	Tercemar Sedang
S.Code	-30,00	Kelas C	Tercemar Sedang
Site 4	-27,00	Kelas C	Tercemar Sedang
S.Oyo	-27,00	Kelas C	Tercemar Sedang
SITE 5	-27,00	Kelas C	Tercemar Sedang
Rata-Rata/Bulan	-28,88	Kelas C	Tercemar Ringan

Berdasarkan **Tabel 3**, di dapatkan hasil status mutu air dengan menggunakan metode storet dimana Sungai Opak masuk ke dalam kelas C yaitu tercemar sedang. Penyebab Sungai Opak masuk kedalam kelas C tercemar sedang dikarenakan kualitas air Sungai Opak pada parameter biologi yaitu total coliform dan fecal coliform melebihi baku mutu air kelas III. Sedangkan untuk parameter fisika seperti (pH, TDS, dan TSS) memenuhi standar baku mutu air kelas III, dan untuk parameter kimia yaitu DO juga memenuhi standar baku mutu air kelas III. Hasil data antara menggunakan metode Indeks Pencemaran dan metode storet jika dilihat dari track nya, kualitas mutu air yang dihasilkan berbanding lurus yaitu sama-sama tercemar ringan atau sedang.

3.4 Analisis Statistik

Tabel 4 berikut merupakan nilai signifikansi lokasi dan musim terhadap parameter mikrobiologi yang telah dianalisis menggunakan *One Way ANOVA*.

Tabel 4 Signifikansi Lokasi dan Musim terhadap Mikrobiologi

Parameter	Site**	Musim**
Total Coliform	0,546048	0,672829
Fecal Coliform	0,400989	0,776289
Escherichia coli	0,008569	0,239275

**Significant (<0.05)

Dari **Tabel 4** diketahui bahwa dari semua parameter mikrobiologi pada variabel musim memiliki nilai P-value $> 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa musim tidak berpengaruh terhadap perbedaan rata-rata konsentrasi mikrobiologi di Sepanjang Sungai Opak. Pada variabel lokasi nilai P-value yang diperoleh pada *Escherichia coli* memiliki nilai dibawah 0,05 sehingga lokasi berpengaruh secara signifikan terhadap perbedaan rata-rata konsentrasi dan pada nilai Total Coliform, Fecal Coliform di variabel lokasi memiliki nilai P-value $> 0,05$ sehingga lokasi tidak berpengaruh terhadap perbedaan rata-rata konsentrasi mikrobiologi di sepanjang Sungai Opak.

IV. KESIMPULAN

1. Konsentrasi tertinggi *Total Coliform*, *Fecal Coliform*, dan *Escherichia coli* berdasarkan lokasi berada pada S.Gawe dan Site 2, sementara saat musim penghujan dan musim kemarau konsentrasi *Total Coliform*, *Fecal Coliform*, dan *Escherichia coli* mengalami perubahan yang fluktuatif.
2. Hasil analisis status mutu air Sungai Opak menggunakan metode IP menunjukkan kualitas air Sungai Opak berdasarkan pengaruh spasial dan temporal bahwa Sungai Opak masuk dalam katagori tercemar ringan sesuai dengan peruntukan sungai kelas III.
3. Hasil analisis status mutu air dengan menggunakan metode storet menunjukkan bahwa Sungai Opak masuk dalam katagori Kelas C dengan tercemar sedang.
4. Hasil analisis statistika dengan menggunakan metode Anova One Way untuk variabel lokasi parameter *Escherichia coli* berpengaruh secara signifikan terhadap perbedaan rata-rata konsentrasi pada *Escherichia coli*. Sementara musim tidak berpengaruh secara signifikan terhadap perbedaan rata-rata konsentrasi *Total Coliform*, *Fecal Coliform*, dan *Escherichia coli*.

V. SARAN

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan membandingkan perubahan tata guna lahan terhadap kualitas air mikrobiologi agar dapat terlihat perbedaan yang lebih detail terkait kualitas sungai.
2. Untuk masyarakat dan industri yang terdapat di sekitar Sungai Opak agar lebih menjaga dan memperhatikan kelestarian lingkungan dalam melakukan berbagai aktivitas seperti buang air besar pada tempat yang seharusnya dan melakukan proses pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai.
3. Memberi saran kepada Pemerintah untuk melakukan monitoring dan pengawasan secara rutin terkait limbah yang akan dibuang ke sungai khususnya oleh industri sekitar sehingga limbah tersebut memenuhi baku mutu dan diharapkan dapat mengurangi beban pencemar di Sungai Opak. Selain itu, perlu diadakan sosialisasi dan penyuluhan berkala kepada masyarakat dalam rangka meningkatkan pengetahuan terkait pencemaran dan dampaknya bagi lingkungan maupun kesehatan sehingga diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat untuk menjaga kebersihan Sungai Opak.
4. Pemberian sanksi dan peraturan yang tegas dari pemerintah agar membuat jera dan meminimalisir pencemaran yang semakin besar untuk kedepannya.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Arisanty, Deasy., Shidarta A. dan Nurul Huda. 2017. *Analisis Kandungan Bakteri Fecal Coliform pada Sungai Kuin Kota Banjarmasin. Majalah Geografi Indonesia*. Vol. 31. No. 2. Hal 51-60.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2008. *Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan*. SNI 6989.57- 2008. Jakarta: BSN.
- Brontowiyono, Widodo, Kasam, Ribut L, Ike A. 2013. *Strategi Penurunan Pencemaran Limbah Domestik di Sungai Code DIY*. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan. Vol. 5. No. 1. Hal 36-47.
- Fachrurozi, M, Listiatie Budi Utami, Dyah Suryani. 2010. *Pengaruh Variansi Biomassa Pistia Stratiotest Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta*. Yogyakarta : Universitas Ahmad Dahlan
- Fathoni, Akhmad, Siti Khotimah, Riza Linda. 2016. *Kepadatan Bakteri Coliform Di Sungai Segedong Kabupaten Pontianak*. Universitas Tanjungpura : Jurnal Protobiont. Vol 1. 20-23.

- Haramoto, Eiji, Saki Fujino, Mikie Otagiri. 2015. *Distinct Behaviors Of Infectious F- specific RNA Coliphage Genogroups at a Wastewater Treatment Plant. Science of the Total Environment* 520 (2015) 32-38
- Khotimah, Nurul. 2013. *Kepadatan Bakteri Coliform Di Sungai Kapuas Kota Pontianak*. Pontianak : Universitas Tanjungpura.
- Pemerintah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. 2008. *Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2003. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air*. Jakarta.
- Soemarno. 2000. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Klinik*. Akademi Analis Kesehatan Yogyakarta Departemen Kesehatan Republik Indonesia: Yogyakarta.
- Suharsono, Drs. H. 2016. *Laporan Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Bantul*. Pemerintah Kabupaten Bantul DIY: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bantul.
- Suharsono, Drs. H. 2015. *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Bantul*. Pemerintah Kabupaten Bantul DIY: Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Bantul.
- Sunarti, Riri Novita. 2015. *Uji Kualitas Air Sumur Dengan Menggunakan Metode MPN (Most Probable Numbers)*. *Bioilmi* Vol 1. No 1. Edisi Agustus 2015.
- Trisnawulan, I.A.M., Suyasa, I.W.B., Sundra, I.K. 2007. *Analisis Kualitas Air Sumur Gali di Kawasan Pariwisata Sanur*. Program Magister Ilmu Pengetahuan, Universitas Udayana, Bali, Jur Ecotrophic, vol 2- no 1-9.
- Wardhana, Pradipta Nandi. 2015. *Analisis Transpor Sedimen Sungai Opak Dengan Menggunakan Program HEC-RAS 4.1.0*. Yogyakarta : Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia