

Potensi Cemaran Bakteri Coliform, Coliform Fekal, dan Resistensinya terhadap Antibiotik di Sungai Kalimas

A.P. Rahmawati¹ dan D.K. Binawati^{2*}

¹Mahasiswa, Prodi Biologi Fakultas Sains Teknologi Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

²Staf Pengajar, Prodi Biologi Fakultas Sains Teknologi Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

Email : andhinipr9708@gmail.com¹

diahkb@unipasby.ac.id²

Abstrak

Sungai Kalimas merupakan sungai yang melintasi kawasan industri, perdagangan, perkantoran, dan permukiman padat penduduk di Kota Surabaya. Berbagai macam aktivitas di kawasan tersebut akan menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari Sungai Kalimas. Indikator perairan yang tercemar adalah melimpahnya bakteri coliform dan coliform fekal. Pada beberapa kasus bakteri coliform dan coliform fekal tersebut menjadi resisten terhadap antibiotik yang saat ini menjadi perhatian global. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran bakteri coliform dan coliform fekal di Sungai Kalimas dan tingkat resistensinya terhadap beberapa antibiotik. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif observasional dengan pengambilan sampel menggunakan teknik purposive sampling dan grab sampling. Sampel air sungai diambil dari 3 titik lokasi, yaitu di Sungai Kalimas yang melintasi Jasa Tirta I Karah, Taman Prestasi dan PT. Kasa Husada. Penentuan jumlah dan kepadatan bakteri coliform dan coliform fekal dilakukan menggunakan metode MPN dan pengujian resistensi bakteri terhadap antibiotik menggunakan metode difusi cakram. Antibiotik yang digunakan adalah amoxicillin, tetrasiklin, kloramfenikol dan siprofloksasin. Data dianalisa dengan menggunakan uji ANOVA taraf 5 % dan uji lanjut LSD dan Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah kepadatan bakteri pada seluruh sampel dari setiap lokasi di Sungai Kalimas melebihi kriteria baku mutu badan air yang telah ditetapkan. Rata-rata jumlah bakteri coliform dan coliform fekal tertinggi terdapat pada lokasi P3, yaitu $1,6 \times 10^5$ MPN/100 ml. Bakteri coliform dan coliform fekal tersebut memiliki tingkat resistensi 100% terhadap antibiotik amoxicillin dan memiliki sensitivitas 100% terhadap antibiotik tetrasiklin, kloramfenikol, dan siprofloksasin. Siprofloksasin merupakan antibiotik yang menunjukkan angka sensitivitas tertinggi.

Kata kunci : Sungai Kalimas, pencemaran, coliform, coliform fekal, resistensi antibiotik

Abstract

The Kalimas River is a river that crosses industrial, commercial, office and densely populated residential areas in the city of Surabaya. Various activities in the area will produce waste that has the potential to pollute the Kalimas River. The indicator of polluted waters is the abundance of coliform bacteria and faecal coliforms. In some cases, the coliform and faecal coliform bacteria have become resistant to antibiotics which are currently of global concern. This study was conducted to determine the level of contamination of coliform bacteria and faecal coliforms in the Kalimas River and the level of resistance to several antibiotics. This study uses observational quantitative methods with sampling using purposive sampling and grab sampling techniques. River water samples were taken from 3 location points, namely the Kalimas River which crosses Jasa Tirta I Karah, Taman Prestasi and PT. Kasa Husada. Determination of the number and density of coliform and faecal coliform bacteria was carried out using the MPN method and testing of bacterial resistance to antibiotics using the disc diffusion method. Antibiotics used were amoxicillin, tetracycline, chloramphenicol and ciprofloxacin. Data were analyzed using ANOVA level 5% test and LSD and Duncan follow-up test. The results showed that the total bacterial density in all samples from each location in the Kalimas River exceeded the predetermined water body quality standard criteria. The highest average number of coliform and faecal coliform bacteria was found at location P3, namely 1.6×10^5 MPN / 100 ml. These coliform and faecal coliform bacteria have a 100% resistance level to amoxicillin antibiotics and have 100% sensitivity to tetracycline, chloramphenicol, and ciprofloxacin antibiotics. Ciprofloxacin is an antibiotic that shows the highest sensitivity rates.

Keywords: Kalimas River, pollution, coliform, faecal coliform, antibiotic resistance

PENDAHULUAN

Sungai Kalimas merupakan hilir Kali Brantas dengan panjang sekitar 62 km yang mengalir dari Dam Mlirip Mojokerto hingga Surabaya. Sungai Kalimas melintasi kawasan perdagangan, kawasan perkantoran, pemukiman padat penduduk, dan industri. Berbagai macam aktivitas tersebut menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari Sungai Kalimas.

Indikasi air sungai yang tercemar apabila tidak sesuai lagi peruntukannya dan tidak dapat mendukung kehidupan biota yang berada dalam badan air tersebut (Indarsih *et al.*, 2011; Shoolikah *et al.*, 2014). Selain berpengaruh terhadap biota air, limbah cair juga berpengaruh pada keberadaan bakteri patogen yang berada di perairan.

Urbanisasi dan industrialisasi di kota-kota besar dapat mempengaruhi keberadaan bakteri coliform dan coliform fekal pada perairan (Kalaivani *et al.*, 2014). Bakteri coliform dan coliform fekal akan meningkat pada badan air atau wilayah sungai yang melintasi daerah perkotaan serta curah hujan yang tinggi (Sanders *et al.*, 2013). Hal ini akan berdampak pada pemukiman penduduk di sekitar badan air.

Jarak pemukiman penduduk yang dekat dengan industri dapat mudah terkena dampak dari industri. Semakin dekat jarak pemukiman dengan badan air maka akan lebih mudah terkena dampaknya (Wardhana, 2004).

Saat ini, air yang menjadi kebutuhan pokok sehari-hari bagi makhluk hidup akan mengalami penurunan kualitas. Penurunan kualitas air tersebut akibat tercemarnya perairan oleh berbagai macam limbah, baik limbah industri, limbah domestik, limbah peternakan, dan limbah pertanian yang masuk ke badan air (Suriawira, 2003). Pengolahan limbah domestik maupun industri harus diperhatikan untuk menunjang kualitas badan air. Oleh karena itu, kondisi kualitas air harus sesuai dengan parameter-parameter berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air bahwa perlu dilakukan pengendalian pencemaran air sebagai upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya di Provinsi Jawa Timur bahwa mutu air adalah kondisi kualitas yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Pencemaran air secara mikrobiologis di perairan menjadi perhatian utama saat ini, yaitu dengan melimpahnya bakteri coliform dan coliform fekal. Untuk itu, perlu adanya pengujian kandungan bakteri coliform dan coliform fekal di perairan yang dijadikan tempat pembuangan limbah pada kegiatan industri maupun kegiatan domestik. Apabila kandungan coliform di suatu perairan tersebut tinggi maka semakin tinggi pula keberadaan bakteri patogen lain (Widyaningsih *et al.*, 2016). Hal ini dapat menimbulkan penyakit pada manusia.

Keberadaan bakteri patogen di perairan dapat mengganggu kesehatan apabila masuk ke dalam tubuh manusia. Kondisi perairan yang semakin buruk akan mempengaruhi perubahan lingkungan yang luar biasa sehingga bakteri akan beradaptasi menyesuaikan lingkungan tersebut. Beberapa kasus menyebutkan bahwa bakteri patogen menjadi resisten terhadap semua obat anti infeksi. Hal ini akan mempersulit upaya pengobatan berikutnya (Wals, 2005).

Laport *et al.* (2016) menyebutkan bahwa saat ini penyebaran gen resistensi antibiotik (*Resisten Antibiotic Gene/ARG*) menjadi perhatian di dunia global. Saat ini, kasus tersebut belum banyak diteliti dan dipahami oleh masyarakat Indonesia. Resistensi antibiotik merupakan ancaman global yang sangat merugikan, baik dalam

dunia kesehatan maupun kehidupan perekonomian (*World Health Organization/WHO*, 2014). Friedman *et al.* (2016) menyatakan bahwa siklus bakteri yang menyebabkan resistensi sudah terjadi secara alami di lingkungan.

Perilaku manusia dalam penggunaan antibiotik dapat menyebabkan terjadinya evolusi pada bakteri sehingga menjadi rentan terhadap antibiotik dan tubuh menjadi rentan pada penyakit karena bakteri tersebut sudah resisten terhadap antibiotik. (Rather *et al.*, 2017). Resistensi ini diakibatkan dari penggunaan antibiotik diluar pengawasan maupun bakteri dari lingkungan bebas yang masuk ke dalam tubuh (Prigitano *et al.*, 2017).

Penyebaran bakteri yang resisten terhadap antibiotik di lingkungan saat ini terjadi peningkatan. Hal ini disebabkan karena perpindahan gen secara horisontal (*Horizontal Gene Transfer/HGT*). Frieri *et al.* (2017) menyatakan HGT menyebabkan penyebaran ARG semakin mudah dan melalui berbagai media di lingkungan, seperti di air, tanah, udara, makanan dan makhluk hidup. Oleh karena itu penting dilakukan penelitian untuk memprediksi persebaran bakteri yang resisten terhadap antibiotik. Selain itu, meningkatkan kesadaran dan pengetahuan masyarakat untuk mencegah persebaran dari resisten antibiotik tersebut.

Penelitian resistensi antibiotik di lingkungan masih jarang dilakukan di Indonesia. Sungai Kalimas yang berada di daerah Surabaya dan Gresik dinilai memiliki aktivitas dari bagian hulu hingga ke hilir, seperti pemukiman, industri, peternakan, puskesmas, dan PDAM. Berbagai aktivitas tersebut pada Sungai Kalimas menunjukkan bahwa wilayah tersebut diprediksi rawan terhadap penyebaran gen resisten antibiotik. Pengolahan limbah yang tidak sesuai dapat menimbulkan penyebaran ARG pada bakteri di perairan. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian mengenai keberadaan dan persebaran bakteri resisten antibiotik di Indonesia, khususnya di Sungai Kalimas.

MATERI DAN METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan dengan metode kuantitatif observasional di Sungai Kalimas dengan teknik pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* dan metode *grab sampling* untuk pengambilan sampel. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Sampel diambil dari tiga stasiun yang terdiri dari 3 titik lokasi dengan 9 kali ulangan. 3 titik lokasi tersebut yaitu Jasa Tirta I Karah (P1), Taman Prestasi (P2), dan Kasa Husada Wira Jawa Timur, Kalimas Surabaya (P3). Lokasi penelitian berada di Sungai Kalimas yang mengalir di kota Surabaya. Pengujian dan analisa sampel penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Sains Teknologi, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya selama bulan April-Juni 2020.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air Sungai Kalimas dari 3 titik lokasi, media BPW (Merck), media LTB (Merck), media BGLB (Merck), media EC (Oxoid), media VRBA (Merck), media VRBGA (Merck), media MHA (Merck), NaOH, HCl, H₂SO₄, BaCl₂, NaCl Fisiologis, aquadest steril, *kloramfenikol*, *tetrasiklin*, *siprofloksasin*, dan *amoxicillin*.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, kompor gas, tabung reaksi, tabung durham, pipet volume, batang pengaduk kaca, panci, erlenmayer, *beaker glass*, *waterbath*, *magnetic stirrer*, *hotplate*, *Laminar Air Flow*, gelas ukur, kapas, autoklaf, kertas coklat, karet, pH meter/ pH universal, dan *cool box*.

Identifikasi Jumlah Bakteri Coliform dan Coliform Fekal

Pengujian sampel air sungai dilakukan dengan menggunakan metode Most Probable Number (MPN) seri 5-5-5 berdasarkan acuan *American Public Health*

Association (APHA) Standard Method edisi 23 Tahun 2017. Metode pengujian tersebut sebagai berikut :

1. Pengenceran

Pengujian sampel dilakukan dengan menggunakan pengenceran tabung ganda bertingkat. Pengenceran dilakukan sampai pada pengenceran ke-4.

2. Uji Pendugaan (*Presumptive Test*)

Pada tes pendugaan disiapkan tabung seri 15 (5-5-5) untuk pengenceran bertingkat. Disiapkan 15 tabung reaksi yang berisi media *Lauryl Tryptose Broth Single Strain* (LTB SS) untuk pengenceran 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} . Untuk sampel air sungai pengujian dilakukan dari pengenceran pengenceran 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} . 15 tabung yang telah berisi sampel kemudian dimasukkan dalam inkubator suhu 35°C untuk diinkubasi selama 2×24 jam.

3. Uji Penegasan (*Confirmed Test*)

Pada tabung yang positif mengandung bakteri coliform dilakukan 2 pengujian, yaitu dengan media *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB) untuk penegasan adanya bakteri coliform dan media *Escherichia coli Broth* (EC Broth) untuk penegasan adanya bakteri coliform fekal.

Perhitungan Bakteri Coliform dan Coliform Fekal dengan Metode MPN

Perhitungan jumlah bakteri coliform dan coliform fekal setelah melewati uji penegasan dibaca hasilnya dan dihitung dengan menggunakan metode MPN seri 5-5-5 berdasarkan acuan *American Public Health Association* (APHA) Standard Method edisi 23 Tahun 2017 pada uji kelengkapan.

Uji Kelengkapan (*Confirmed Test*)

Uji bakteriologi secara kuantitatif pada sampel air sungai dengan menggunakan metode uji *Most Probable Number* (MPN), yaitu perkiraan jumlah mikroba yang mendekati per ml/gram. Metode perhitungan MPN memiliki prinsip kerja dengan menggunakan larutan sebagai media pertumbuhan atau disebut sebagai media cair (*broth*) yang ditempatkan dalam tabung

reaksi. Hasil perhitungannya dilakukan dengan melihat jumlah tabung yang positif yang ditandai dengan munculnya gas yang sebelumnya telah di inkubasi selama 2×24 jam.

Perhitungan Kepadatan Jumlah Bakteri

Bambang *et al.* (2014) menyatakan metode analisa data untuk kepadatan bakteri coliform dan coliform fekal menggunakan SNI 2897-2008 dengan rumus :

$$\text{Kepadatan bakteri} = \text{Nilai Tabel MPN} \times \frac{1}{\text{nilai tengah pengenceran}}$$

Uji Resistensi Bakteri terhadap Antibiotik

Pengujian sampel air sungai untuk mengidentifikasi tingkat resistensinya terhadap antibiotik dilakukan dengan menggunakan metode difusi cakram *Kirby Bauer* sesuai dengan *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI) (2010). Penentuan kategori susceptible, intermediet, dan resisten ditentukan melalui ukuran daya hambat yang terbentuk berdasarkan standar *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI, 2014).

Perhitungan Diameter Zona Hambat

Perhitungan diameter zona hambat dilakukan setelah inkubasi sampel dan peletakan cakram pada media *Mueller Hinton Agar* (MHA). Setelah diinkubasi akan muncul zona bening disekitar cakram yang selanjutnya diukur dengan menggunakan penggaris. Pembacaan dan evaluasi kepekaan mengikuti petunjuk *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI) (Hayati *et al.*, 2012). Diameter zona hambat (dua kuadran) diukur dengan rumus (Toy *et al.*, 2016):

$$D = \frac{(DV-DC)+(DH-DC)}{2}$$

Keterangan :

DV : Diameter Vertikal

DC : Diameter Cakram

DH : Diameter Horizontal

Presentase resisten dan sensitivitas bakteri coliform dan coliform fekal terhadap antibiotik dihitung dengan rumus sebagai berikut (Louisa,2016) :

$$\text{Resistensi (\%)} = \frac{\text{jumlah isolat bakteri yg resisten}}{\text{jumlah bakteri yg diuji}} \times 100\%$$

$$\text{Sensitivitas (\%)} = \frac{\text{jumlah isolat bakteri yg resisten}}{\text{jumlah bakteri yg diuji}} \times 100\%$$

Tabel. Standar Interpretasi Diameter Zona Hambat Menurut CLSI (2012)

Kelompok Antibiotik	Antibiotik	Dosis	Diameter Zona Hambat		
			Resistensi	Intermediet	Sensitif
Fluorokuinolon	Siprofloksasin	5µg	≤ 15	16-20	≥ 21
Penisilin/ β-Laktam	Amoksisilin	25 µg	≤ 12	13-14	≥ 15
Tetrasiklin	Tetrasiklin	10µg	≤ 11	12-14	≥ 15
Kloramfenikol	Kloramfenikol	30µg	≤ 12	13-17	≥ 18

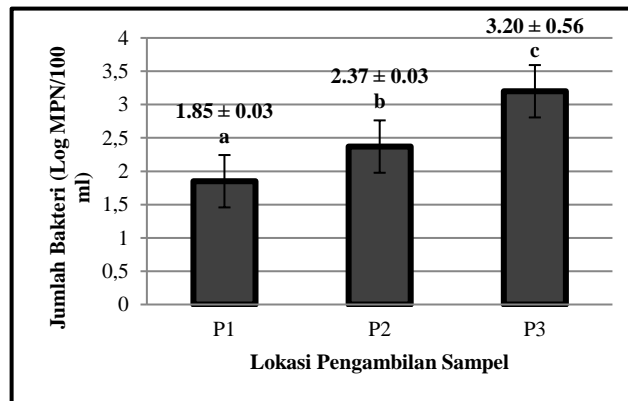
HASIL PENELITIAN

Jumlah Bakteri Coliform dan Coliform Fekal

Jumlah Bakteri Coliform

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengambilan sampel pada titik lokasi yang

berbeda berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap jumlah bakteri coliform yang berada pada tiap lokasi tersebut. Grafik rata-rata jumlah bakteri coliform pada titik lokasi pengambilan sampel yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 1.

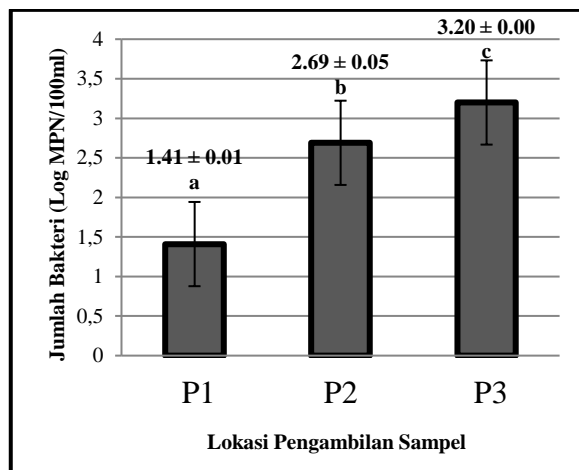


Gambar 1. Jumlah bakteri coliform pada berbagai lokasi pengambilan sampel, angka rata-rata yang diberi notasi huruf (a, b dan c) tidak sama menunjukkan berbeda signifikan ($P < 0,05$).

Jumlah Bakteri Coliform Fekal

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengambilan sampel pada titik lokasi yang berbeda berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap jumlah bakteri coliform fekal yang

berada pada tiap lokasi tersebut. Grafik rata-rata jumlah bakteri coliform fekal pada titik lokasi pengambilan sampel yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 2.



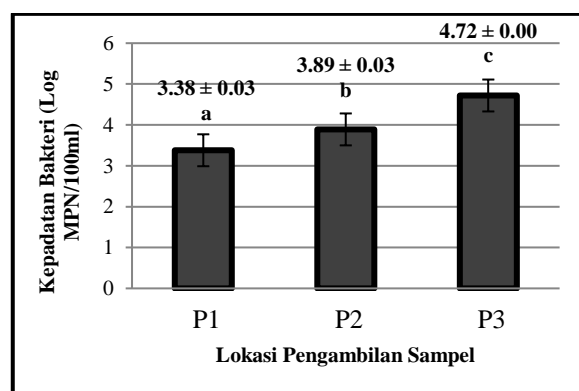
Gambar 2. Jumlah bakteri coliform fekal pada berbagai lokasi pengambilan sampel, angka rata-rata yang diberi notasi huruf (a, b dan c) tidak sama menunjukkan berbeda signifikan ($P < 0,05$)

Kepadatan Bakteri Coliform dan Coliform Fekal

Kepadatan Bakteri Coliform

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengambilan sampel pada titik lokasi yang berbeda berpengaruh signifikan ($P < 0,05$)

terhadap kepadatan bakteri coliform yang berada pada tiap lokasi tersebut. Grafik rata-rata kepadatan bakteri coliform pada titik lokasi pengambilan sampel yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 3.

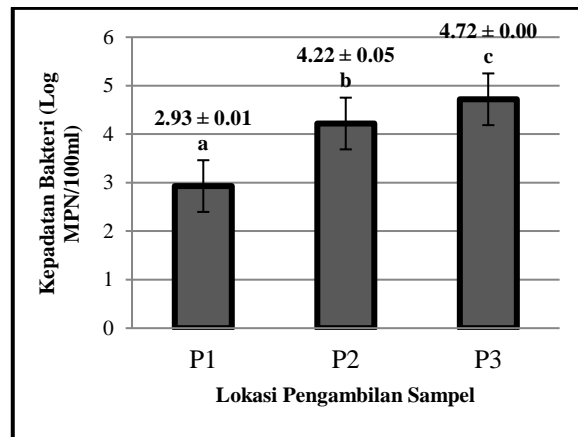


Gambar 3. Kepadatan bakteri coliform pada berbagai lokasi pengambilan sampel, angka rata-rata yang diberi notasi huruf (a, b dan c) tidak sama menunjukkan berbeda signifikan ($P < 0,05$)

Kepadatan Bakteri Coliform Fekal

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengambilan sampel pada titik lokasi yang berbeda berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap kepadatan bakteri coliform fekal

yang berada pada tiap lokasi tersebut. Grafik rata-rata kepadatan bakteri coliform fekal pada titik lokasi pengambilan sampel yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 4.

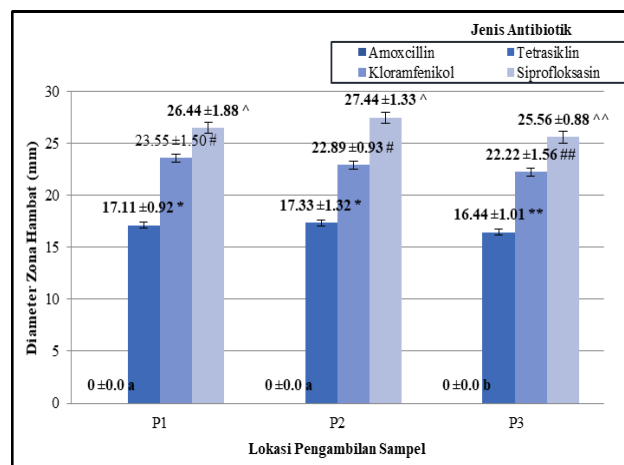


Gambar 4. Kepadatan bakteri coliform fekal pada berbagai lokasi pengambilan sampel, angka rata-rata yang diberi notasi huruf (a, b dan c) tidak sama menunjukkan berbeda signifikan ($P < 0,05$)

Sensitivitas Antibiotik Bakteri Coliform dan Coliform Fekal
Sensitivitas Bakteri Coliform

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengambilan sampel pada berbagai titik lokasi dan penggunaan jenis antibiotik yang berbeda berpengaruh signifikan ($P < 0,05$)

terhadap sensitivitas antibiotik bakteri coliform yang berada pada tiap lokasi tersebut. Grafik sensitivitas antibiotik bakteri coliform pada berbagai lokasi pengambilan sampel dan jenis antibiotik yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 5.

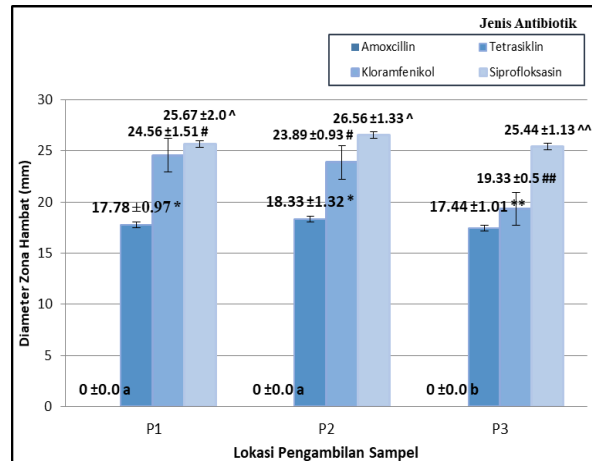


Gambar 5. Sensitivitas antibiotik bakteri coliform pada berbagai lokasi pengambilan sampel dan jenis antibiotik yang berbeda, angka rata-rata yang diberi notasi huruf (a dan b) dan simbol (* dan ** ; # dan ## ; ^ dan ^^) tidak sama menunjukkan berbeda signifikan ($P < 0,05$).

Sensitivitas Bakteri Coliform Fekal

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengambilan sampel pada berbagai titik lokasi dan penggunaan jenis antibiotik yang berbeda berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap sensitivitas antibiotik bakteri

coliform fekal yang berada pada tiap lokasi tersebut. Grafik sensitivitas antibiotik bakteri coliform fekal pada berbagai lokasi pengambilan sampel dan jenis antibiotik yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sensitivitas antibiotik bakteri coliform fekal pada berbagai lokasi pengambilan sampel dan jenis antibiotik yang berbeda, angka rata-rata yang diberi notasi huruf (a dan b) dan simbol (* dan ** ; # dan ## ; ^ dan ^^) tidak sama menunjukkan berbeda signifikan ($P < 0,05$).

PEMBAHASAN

Jumlah dan Kepadatan Bakteri Coliform dan Coliform Fekal

Hasil penelitian ini telah menunjukkan bahwa jumlah total coliform dan coliform fekal yang didapatkan jumlah berbeda-beda pada setiap lokasi dan pengulangan. Adanya perbedaan jumlah bakteri coliform dan coliform fekal dari setiap lokasi dan pengulangan pada masing-masing sampel didukung oleh Fathoni *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa arus dan gelombang dapat membawa bakteri dari suatu tempat ke tempat yang lain sehingga memungkinkan adanya perbedaan jumlah dan kepadatan bakteri coliform dan coliform fekal di suatu wilayah perairan. Arisanty *et al.* (2017) menyatakan bahwa volume air mempengaruhi kepadatan jumlah bakteri di suatu wilayah perairan.

Kepadatan jumlah bakteri coliform dan coliform fekal pada seluruh sampel yang berasal dari Sungai Kalimas melebihi baku mutu air sungai yang telah ditetapkan. Adapun standar baku mutu air sungai secara mikrobiologis pada sungai kelas II yaitu memiliki total coliform 5×10^3 MPN/100 ml dan jumlah total coliform fekal 1×10^3 sesuai dengan yang tertera pada baku mutu dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001, Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur No. 2 Tahun 2008

tentang Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas, Peraturan Gubernur Jawa Timur No.61 Tahun 2010 tentang Penentuan Kelas Air Badan Air Jawa Timur, dan Peraturan Daerah Kota Surabaya No.2 Tahun 2004 tentang Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas dan Penentuan Kelas Air Badan Air Sungai di Kota Surabaya.

Kepadatan jumlah bakteri coliform yang tinggi di Sungai Kalimas dapat menyebabkan kehadiran bakteri patogen lain. Bambang *et al.* (2014) menyatakan semakin tinggi bakteri coliform yang mengkontaminasi wilayah perairan maka akan semakin tinggi resiko kehadiran bakteri patogen lainnya. Hal ini juga dikuatkan melalui pernyataan Widyaningsih *et al.* (2016) bahwa bakteri coliform mempunyai korelasi positif terhadap bakteri patogen lainnya yang biasa hidup dalam kotoran manusia dan hewan. Kotoran manusia biasanya terdapat bakteri patogen, yaitu diantaranya *Escherichia coli*, *Shigella sp.*, *Vibrio cholerae*, *Campylobacter jejuni* dan *Salmonella sp.* yang merupakan anggota dari kelompok bakteri coliform fekal. Bakteri tersebut dapat menyebabkan penyakit diare pada manusia. Apabila mengonsumsi makanan yang terkontaminasi *Escherichia coli* secara terus-menerus dalam jangka panjang akan menimbulkan berbagai penyakit seperti radang usus, diare, infeksi

pada saluran kemih dan saluran empedu (Prayitno, 2009).

Penyebaran mikroba patogen di perairan dikarenakan masuknya limbah-limbah yang dibuang di perairan secara langsung. Safitri (2018) menyatakan bahwa jumlah kepadatan bakteri indikator pencemar air akan tinggi pada perairan yang terletak dekat dengan sumber limbah. Perairan yang menjadi lokasi pengambilan sampel Sungai Kalimas termasuk ke dalam kriteria perairan dengan kualitas yang rendah. Hasil analisis bakteriologis pada sampel air Sungai Kalimas tersebut mengindikasikan bahwa air sungai tersebut sudah mengalami pencemaran yang mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas air. Adrianto (2018) menyatakan bahwa kepadatan jumlah bakteri coliform dan coliform fekal dengan jumlah yang tinggi terdapat di wilayah perairan yang memiliki kepadatan penduduk, sehingga banyak aktivitas yang dilakukan oleh penduduk seperti mandi, mencuci pakaian, dan membuang limbah hasil rumah tangga.

Tarigan *et al.* (2019) dalam penelitiannya menyatakan aktivitas pemukiman penduduk juga menghasilkan limbah pencernaan baik feses maupun urine. Hal tersebut diperkuat oleh Suriawira (1996) yang menyatakan pencemaran tersebut biasanya dikarenakan masuknya tinja, kotoran hewan, sampah, air kencing, dahak (ludah), ekskresi luka dan sebagiannya ke dalam badan air. Hal tersebut dapat memacu pertumbuhan bakteri coliform dan coliform fekal di perairan tersebut. Akibat yang ditimbulkan adalah terjadinya pencemaran lingkungan yang berdampak negatif bagi kesehatan. Mikroba patogen yang terdapat dalam biota perairan tersebut bisa menjadi racun bagi orang yang mengkonsumsinya. Beberapa penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen yang disebarkan melalui air yaitu disentri basiler, kolera, paratifoid, tifoid, lefrosi, dll.

Resistensi dan Sensitivitas Antibiotik Bakteri Coliform dan Coliform Fekal Resistensi Bakteri Coliform dan Coliform Fekal terhadap Amoxicillin

Hasil penelitian ini telah menunjukkan bakteri coliform dan coliform fekal menunjukkan resistensi terhadap amoxicillin sebesar 100% yang ditunjukkan dengan hasil diameter zona hambat rata-rata bakteri coliform dan coliform fekal pada ketiga lokasi untuk semua sampel tersebut menunjukkan hasil yang sama yaitu tidak ada zona hambat yang terbentuk. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diameter zona hambat yang terbentuk kurang dari ≤ 14 mm sehingga antibiotik amoxicillin resisten terhadap bakteri coliform dan coliform fekal menurut CLSI (2012).

Hasil penelitian ini sesuai dengan yang dilakukan oleh Kalalo (2006) menunjukkan bahwa bakteri kelompok coliform dan coliform fekal telah mengalami 100% resistensi terhadap antibiotik amoxicillin. Johnson & Livermore (2001) dalam Chudlari (2012) menyatakan proses amoxicillin resisten terhadap bakteri karena bakteri dapat menghasilkan enzim β -laktamase yang menyerang cincin β -laktam pada molekul penisilin. Enzim ini bertanggung jawab dalam peningkatan perlawanan terhadap penisilin. Enzim β -laktamase melindungi bakteri gram positif dan gram negatif. Dalam gram positif, enzim dibebaskan ke dalam medium dan menghancurkan antibiotika sebelum mencapai sel. Dalam gram negatif enzim secara strategis terlokasi pada rute dimana antibiotik harus berjalan untuk mencapai targetnya (Johnson & Livermore, 2001).

Gunawan *et al.* (2009) dalam Pratiwi (2012) menyatakan bahwa amoxicillin sering dikombinasikan dengan asam klavulanat karena asam klavulanat merupakan inhibitor β -laktamase yang dapat melindungi amoxicillin dari hidrolisis β -laktamase. Namun, mekanisme resistensi tidak hanya melalui produksi enzim β -laktamase yang dapat merusak antibiotik golongan β -laktam tetapi juga melalui

perubahan pada *penicilline binding protein* (PBP) dan terjadi pengurangan ataupun peningkatan masuk efflux serta enzim autolisin bakteri tidak bekerja sehingga timbul toleransi yang menyebabkan bakteri resisten terhadap antibiotik.

Sensitivitas Bakteri Coliform dan Coliform Fekal terhadap Tetrasiklin

Hasil penelitian ini telah menunjukkan bakteri coliform dan coliform fekal menunjukkan sensitivitas terhadap tetrasiklin sebesar 100%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diameter zona hambat yang terbentuk lebih dari ≥ 15 mm sehingga antibiotik tetrasiklin sensitif terhadap bakteri coliform dan coliform fekal menurut CLSI (2012).

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Suheri *et al.* (2019) bahwa antibiotik tetrasiklin memiliki rata-rata diameter zona hambat yang lebih dari ≥ 15 mm yaitu sebesar 25,58 mm dengan diameter terbesar adalah 27,44 dan diameter terkecil adalah 23,85 mm. Arif (2017) dalam penelitiannya juga menyatakan bahwa antibiotik tetrasiklin memiliki diameter zona hambat sebesar 28 mm dan diameter terkecil sebesar 23 mm.

Tetrasiklin merupakan salah satu antibiotik berpektrum luas yang memiliki mekanisme kerja dengan menghambat sintesis protein bakteri pada ribosomnya (Suheri *et al.*, 2019). Chudlori (2012) menyatakan tetrasiklin efektif melawan bakteri gram positif, gram negatif dan *rickettsias*. Tetrasiklin merupakan antibiotik spektrum luas berperan menghambat sintesis protein bakteri dengan cara berikatan pada bagian 16S ribosom subunit 30S, sehingga mencegah aminoasil-tRNA terikat pada situs aktif ribosom, ikatan ini secara alami bersifat *reversible*, mengganggu penempelan t-RNA yang membawa asam amino ke ribosom 30S dari ribosom, 70S, mencegah penambahan asam amino ke rantai polipeptida yang sedang tumbuh. Hal tersebut mencegah pemanjangan rantai peptida yang sedang tumbuh sehingga proses sintesis protein

pada bakteri tersebut terhenti (Suheri *et al.*, 2019).

Sensitivitas Bakteri Coliform dan Coliform Fekal terhadap Kloramfenikol

Hasil penelitian ini telah menunjukkan bakteri coliform dan coliform fekal menunjukkan sensitivitas terhadap siprofloksasin sebesar 100%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diameter zona hambat yang terbentuk lebih dari ≥ 18 mm sehingga antibiotik kloramfenikol sensitif terhadap bakteri coliform dan coliform fekal menurut CLSI (2012). Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Azis (2019) menyatakan bahwa antibiotik kloramfenikol memiliki zona hambat rata-rata 24.60 ± 1.90 . Dian (2015) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kloramfenikol memiliki zona hambat sebesar 20 mm.

Kloramfenikol adalah antibiotik yang mempunyai aktivitas bakteriostatik dan pada dosis tinggi yang bersifat bakterisidal. Aktivasinya menghambat sintesis protein dengan jalan mengikat ribosom yang merupakan langkah penting dalam pembentukan ikatan peptida (Dian *et al.*, 2015). Gilman dan Goodman (2007) dalam Dian *et al.* (2015) menyatakan mekanisme hambat kloramfenikol pada bakteri adalah akan melekat pada sub unit 50s ribosom bakteri sehingga menghalangi enzim peptidil-transferase. Enzim tersebut akan melakukan 3 langkah dengan membentuk ikatan peptida antara asam amino baru yang masih melekat pada t-RNANYa, dan asam amino terakhir peptida yang sedang berkembang. Hal ini menyebabkan sintesis protein terhenti seketika. Sensitivitas bakteri tidak akan berkurang apabila tidak terjadi perubahan pada struktur purin bakteri. Purin merupakan tempat masuknya antibiotik agar antibiotik dapat bekerja pada sitenya. Struktur purin yang tetap pada dinding sel bakteri menyebabkan bakteri coliform dan coliform fekal masih sensitif terhadap antibiotik kloramfenikol.

Sensitivitas Bakteri Coliform dan Coliform Fekal terhadap Siprofloksasin

Hasil penelitian ini telah menunjukkan bakteri coliform dan coliform fekal menunjukkan sensitivitas terhadap siprofloksasin sebesar 100%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diameter zona hambat yang terbentuk lebih dari ≥ 21 mm sehingga antibiotik siprofloksasin sensitif terhadap bakteri coliform dan coliform fekal menurut CLSI (2012).

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Hamidia *et al.* (2019) bahwa antibiotik siprofloksasin memiliki rata-rata diameter zona hambat sebesar 25,4 mm terhadap bakteri coliform dan coliform fekal. Nurfadhilah (2019) dalam penelitiannya menyatakan bahwa antibiotik siprofloksasin memiliki diameter zona hambat sebesar 22,5 mm. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kepel *et al.* (2015) menyatakan bahwa antibiotik siprofloksasin memiliki diameter zona hambat sebesar 29 mm.

Hasil penelitian ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Maulana *et al.* (2018) bahwa bakteri coliform fekal dan bakteri coliform masih sensitif terhadap pemberian antibiotik siprofloksasin pada seluruh sampel uji yaitu menunjukkan angka sebesar 100%. Hasil ini sesuai dengan studi penelitian yang dilakukan oleh Barus (2010), dinyatakan bahwa 62,5% bakteri *E. coli* yang termasuk dalam bakteri coliform fekal masih sensitif terhadap antibiotik siprofloksasin. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan uji yang dilakukan Kepel (2015), yaitu 100 % bakteri *E. coli* sensitif terhadap obat siprofloksasin.

Maulana *et al.* (2018) menyatakan sensitivitas bakteri coliform dan coliform fekal terhadap siprofloksasin sangat baik, mencapai 100%. Selvaraj *et al.* (2003) dalam Maulana *et al.* (2018) menyatakan bahwa siprofloksasin paling sensitif terhadap bakteri-bakteri gram negatif, terutama pada bakteri kelompok coliform dan coliform fekal. Tingkat kepekaan yang tinggi terhadap bakteri coliform dan coliform fekal membuktikan bahwa Fluoroquinolon

merupakan antibiotika yang unik, karena secara langsung mampu menghambat sintesis DNA. Sedangkan mekanisme resisten tergantung pada perubahan target obat dan perubahan dalam penetrasi obat untuk mencapai target.

Jacoby dan George (2005) dalam Maulana *et al.* (2018) menyatakan siprofloksasin masih dapat membunuh bakteri karena antibiotik ini memiliki 2 target dalam sel bakteri, yaitu DNA *gyrase* dan topoisomerase IV. Jika terdapat salah satu enzim bermutasi dan menyebabkan tidak terjangkaunya enzim tersebut, obat ini masih dapat menyerang enzim lain. Oleh karena itu, obat siprofloksasin tidak terlalu terpengaruh dengan adanya *single mutation* serta masih mampu membunuh bakteri, tetapi penggunaan antibiotik siprofloksasin harus tetap rasional agar mencegah terjadinya resistensi terhadap kedua enzim dalam bakteri yang dapat menyebabkan tidak bekerjanya obat tersebut.

KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tingkat pencemaran bakteri coliform dan coliform fekal di Sungai Kalimas menunjukkan angka yang tinggi, yaitu rata-rata jumlah bakteri coliform pada lokasi P1 $72,22 \times 10^2$ MPN/100 ml; lokasi P2 $236,67 \times 10^2$ MPN/100 ml; lokasi P3 $1,6 \times 10^5$ MPN/100 ml dan rata-rata jumlah bakteri coliform fekal pada lokasi P1 $25,77 \times 10^2$ MPN/100 ml; lokasi P2 $503,33 \times 10^2$ MPN/100 ml; lokasi P3 $1,6 \times 10^5$ MPN/100 ml. Jumlah bakteri tersebut tidak sesuai dengan persyaratan kriteria baku mutu badan air kelas II karena melebihi ambang batas syarat yang telah ditetapkan untuk bakteri coliform 5×10^3 jml/100 ml dan untuk bakteri coliform fekal 1×10^3 jml/100 ml.

Bakteri coliform dan coliform fekal resisten terhadap antibiotik amoxicillin dan sensitif terhadap antibiotik tetrasiklin, kloramfenikol, dan siprofloksasin. Sensitivitas antibiotik siprofloksasin terhadap bakteri coliform dan coliform fekal

lebih efektif dibandingkan dengan antibiotik tetrasiklin dan kloramfenikol.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, Rizki. 2018. Pemantauan Jumlah Bakteri Coliform Di Perairan Sungai Provinsi Lampung. *Majalah Teknologi Agro Industri* Vol. 10 No. 1 Hal. 1-6
- Arisanty, Deasy. Sidharta Adyatma, Nurul Huda. 2017. Analisis Kandungan Bakteri Fecal Coliform pada Sungai Kuin Kota Banjarmasin. Program Studi Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin. *Majalah Geografi Indonesia* Vol. 31 No. 2 Hal. 51-60
- Clinical and Laboratory Standard Institute (CLSI). 2012. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Twenty-Second informational Supplement. *Jurnal Pharmacon* Vol. 13 No. 2 Hal 70-76.
- Chudlori, Busyron. M. Kuswandi, Peni Indrayudha. 2012. Pola Kuman dan Resistensinya terhadap Antibiotika dari Spesimen Pus di RSUD Dr. Moewardi Tahun 2012. Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Bambang, A.G., Fatimawali., Novel, S. Kojong., 2014. Analisis Cemaran Bakteri Coliform Dan Identifikasi *Escherichia coli* Pada Air Isi Ulang Dari Depot Di Kota Manado. *Jurnal Pharmacon*. 3 (3): 325-334.
- Dian, R., Fatmawati, Fona Budiarmo. 2015. Uji Resistensi Bakteri *Escherichia coli* yang Diisolasi Dari Plak Gigi Terhadap Merkuri dan Antibiotik Siprofloksasin. *Jurnal e-Biomedik* Vol. 3 No. 1 Hal. 41-46
- Fathoni, A. S. Khotimah dan R. Linda. 2016. Kepadatan Bakteri Coliform di Sungai Segedong Kabupaten Pontianak. *Jurnal Protobiont* 5(1) : 71-79
- Frieri M, Kumar K and Boutin A. 2017. *Antibiotic resistance*. *Journal of Infection and Public Health* 10:369-378.
- Kalaivani, T.R., Dheenadayalan, M.S & Sivakumar, K.K. (2014). *Microbial Status in River Coom Pollution, Chennai, India*. *Journal of Science*, 4 (2), 113-116.
- Kepel, L., Fatimawati, Fona Budiarmo. 2015 Uji Resistensi Bakteri *Escherichia coli* yang Diisolasi Dari Plak Gigi Terhadap Merkuri dan Antibiotik Siprofloksasin. *Jurnal e-Biomedik* Vol. 3 No. 1 Hal. 41-46
- Loisa., D.W. Lukman., dan H. Latif., 2016. Resistensi *Salmonella spp.* Terhadap Beberapa Antibiotik pada Daging Itik di Kabupaten Bogor yang dapat Memengaruhi Kesehatan Konsumen. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 10 (2): 115-120.
- Laport MA, Pontes PVM, Santos DSd, Santos-Gandelman JF, Muricy G, Bauwens M, de Marvel MG and George I. 2016. *Antibiotic genes detected in the marine sponge petrimica citriba from Brazilian Coast*. *Brazilian Journal of Microbiology* 47:616-620
- Nurfadhilah. 2019. Identifikasi dan Uji Sensitivitas Antibiotik Terhadap Bakteri Coliform yang Terdapat Pada Mie Basah di Pasar Peunayong Kota Banda Aceh. Skripsi
- Pratiwi, Rina Hidayati. 2012. Mekanisme Pertahanan Bakteri Patogen terhadap Antibiotik. Prodi Pendidikan Biologi FTMIPA, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta. Hal 418-429.
- Prayitno, A. (2009). Uji Bakteriologi Air Baku dan Siap Konsumsi dari PDAM Surakarta Ditinjau dari Jumlah Bakteri Coliform [Skripsi]. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Shoolikhah, I., Purnama, Ig.S. & Suprayaogi, S. 2014. Kajian Kualitas Air Sungai Code Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia*, 28 (1), 23-32.
- Tarigan, Lely Resti Wd. Br., Muharni. Marieska Verawaty. 2019. Uji Coliform dan Resistensi *Escherichia coli* terhadap Beberapa Antibiotik pada Sampel Air Sungai Sekanak di Kota Palembang. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas

- Sriwijaya. Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia, Palembang 21 Maret 2019.
- Rather IA, Kim BC, Bajpai VK and Park YH. 2017. Seld medication and antibiotic resistance: crisis, current cahllenges, and prevention. Saudi Journal of Biological Sciences 24:808-812.
- Safitri, Lani Febriana et al. 2018. Analisis Kelimpahan Total Bakteri Coliform di Perairan Muara Sungai Sayung, Morosari, Demak. Jurnal Saintek Perikanan Vol. 14 No. 1: 30-35.
- Sanders, EC., Yuan, Y. & Pitchford, A. 2013. *Fecal Coliform and E.coli Concentrations in Effluent Dominated Streams of the Upper Santa Cruz Watershed*. Water, 5, 243-261
- Suriawiria, U. 2003. Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis. PT. Alumni. Bandung.
- Todar, S., 2008. *Staphylococcus aureus* yang Dilihat dari Mikroskop Elektron. Sumber Todar, 2008.
- Wardhana, W.A. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan. Cetakan keempat. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Wals, 2005. *Antibiotics : Actions, Origins, Resistance*. Nat. Prod. Rep. 22 , 304 – 305
- Widyaningsih, W. Supriharyono dan N. Widyorini. 2016. Analisis Total Bakteri Coliform di Perairan Muara Kali Wisu Jepara. Jurnal MAQUARES., 5 (3) : 157-164.