

ANALISIS KELAYAKAN AIR LAUT UNTUK WISATA DI PANTAI THE LEGEND-PAMEKASAN BERDASARKAN KELIMPAHAN BAKTERI *Escherichia coli* DAN KONSENTRASI BAHAN ORGANIK TOTAL

Eka Nurrahema Ning Asih*, Annisa Ramadhanti, Ashari Wicaksono
Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura,
Bangkalan 69162, Indonesia

*Korespondensi: eka.asih@trunojoyo.ac.id
(Diterima 14-10-2024; Direvisi 08-11-2024; Disetujui 09-12-2024)

ABSTRAK

Pantai *The Legend*-Pamekasan merupakan kawasan wisata yang dikelilingi oleh lima stasiun pemantauan, di mana terdeteksi kontaminasi bakteri *Escherichia coli*. Bakteri ini dapat berkembang biak dengan cepat di perairan yang memiliki kandungan nutrisi yang cukup, terutama bahan organik total. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan kawasan wisata Pantai *The Legend*-Pamekasan berdasarkan kelimpahan *E. coli* serta menganalisis hubungan antara konsentrasi bahan organik total dengan kelimpahan *E. coli* di lokasi penelitian. Kelimpahan bakteri dianalisis menggunakan metode filtrasi membran berdasarkan standar ISO 9308-1:2014, sedangkan kandungan bahan organik total dianalisis mengacu pada SNI 06-6989.22-2004. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan *E. coli* di Stasiun 7 (Pantai *The Legend*-Pamekasan) berada dalam kategori aman sebagai kawasan wisata pantai, dengan nilai 30 CFU/mL. Namun, aktivitas berenang dan snorkeling tidak direkomendasikan di sekitar area pantai, karena Stasiun 1 (muara) dan Stasiun 3 (area pembuangan limbah pencucian ikan) memiliki kelimpahan bakteri yang melebihi ambang batas baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021. Analisis statistik menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan antara konsentrasi bahan organik total terhadap kelimpahan *E. coli* di seluruh stasiun penelitian ($\rho = 0,01$; $p < 0,05$). Hasil penelitian ini menekankan pentingnya pengelolaan limbah di sekitar lokasi untuk mencegah potensi pencemaran lebih lanjut dan menjaga keberlanjutan Pantai *The Legend*-Pamekasan sebagai destinasi wisata yang aman dan layak.

Kata kunci: *Escherichia coli*, limbah domestik, membrane filter, pantai

Feasibility Analysis of Seawater for Tourism at The Legend Beach-Pamekasan Based on Escherichia coli Abundance and Total Organic Matter Concentration

ABSTRACT

The Legend Beach-Pamekasan is a tourist destination surrounded by five monitoring stations, where contamination by Escherichia coli bacteria has been detected. This bacterium can proliferate rapidly in aquatic environments when sufficient nutrients, particularly total organic matter, are present. Therefore, this study aims to assess the suitability of The Legend Beach-Pamekasan for tourism based on E. coli abundance and to analyze the relationship between total organic matter concentration and E. coli abundance at the study site. Bacterial abundance was determined using the membrane filtration method following ISO 9308-1:2014, while total organic matter content was analyzed based on SNI 06-6989.22-2004. The results indicate that E. coli abundance at Station 7 (The Legend Beach-Pamekasan) falls within the safe threshold for recreational beach use at 30 CFU/mL. However, swimming and snorkeling activities are not recommended in the surrounding waters, as E. coli levels at Station 1 (estuary) and Station 3 (fish-washing waste area) exceed the quality standard threshold established by Republic of Indonesia Government Regulation No. 22 of 2021. A significant correlation was found between total organic matter concentration and E. coli abundance across all stations ($\rho = 0.01$, $p < 0.05$). These findings highlight the need for effective waste management strategies in the area to prevent further contamination and ensure the long-term sustainability of The Legend Beach-Pamekasan as a safe and viable tourism destination.

Keywords: Beach, domestic waste, *Escherichia coli*, membrane filter

PENDAHULUAN

Pencemaran laut menjadi perhatian krusial bagi organisasi kesehatan masyarakat dunia (Kotsiri *et al.*, 2019). Perairan laut yang bersifat terbuka sangat rentan terhadap ancaman cemaran diantaranya cemaran biologis akibat limbah domestik (*marine debris*), tumpahan minyak (*oil spill*), dan limbah industri. Salah satu jenis bakteri yang menjadi indikator cemaran biologis akibat tinja/kotoran adalah *Escherichia coli* (Kasim *et al.*, 2014). Bakteri ini merupakan kelompok bakteri patogen yang dijadikan sebagai persyaratan *hygiene* lingkungan perairan. Jumlah koloni *E. coli* berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen lainnya di perairan (Widyaningsih *et al.*, 2016), karena bakteri ini mampu bermutasi cepat dan berdampak buruk bagi kesehatan organisme lain jika terjadi kontak langsung (Maruka *et al.*, 2017).

Pantai *The Legend*-Pamekasan merupakan areal wisata pantai yang terletak di Desa Padelegan Kabupaten Pamekasan. Topografi pantai ini merupakan pantai yang dikelilingi oleh aktivitas masyarakat yang menghasilkan limbah domestik dan industri perikanan. Perairan Desa Padelegan berpotensi mengalami tekanan ekologis yang dipicu oleh aktivitas domestik seperti pembuangan sampah secara sembarangan, air bekas mandi, air bekas cuci ikan dan perahu, serta aktivitas para wisatawan (Lubis *et al.*, 2021). Produktivitas tinggi yang terjadi di perairan tersebut memperkaya kandungan bahan-bahan organik salah satunya bahan organik total sebagai asupan pangan bagi mikroorganisme yang mereduksi oksigen terlarut seperti *E. coli* (Mufaidah *et al.*, 2016).

E. coli bersumber dari feses manusia dan hewan berdarah panas seperti burung, unggas, serta mamalia (Setyati *et al.*, 2022). Bakteri ini merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk basil (Rahayu *et al.*, 2018) dengan rentang ukuran sel 1,0-1,5 μm x 2,0-6,0 μm (Hanifah *et al.*, 2020). Beberapa galur bakteri ini dapat menyebabkan penyakit serius

misalnya *E. coli* O157:H7 memproduksi shiga-toxin yang menyebabkan kram perut, diare, muntah hingga infeksi saluran kemih pada manusia (Rahayu *et al.*, 2018). Karenanya, terkontaminasinya perairan dan areal wisata pantai oleh bakteri ini termasuk kategori tekanan ekologis.

Tekanan ekologis yang intensif dapat berpengaruh terhadap kualitas lingkungan perairan khususnya areal wisata dan keselamatan wisatawan (Aragonés *et al.*, 2016) salah satunya wisatawan di pantai *The Legend*-Pamekasan. Kebiasaan masyarakat setempat membuang langsung limbah pencucian ikan, limbah *docking* kapal dan limbah domestik ke sungai yang bermuara di pantai *The Legend* dapat memicu tingginya kadar bahan organik total dan kelimpahan *E. coli* di sekitar areal tersebut. Penelitian tentang konsentrasi bahan organik total dan kelimpahan *E. coli* di sekitar areal wisata pantai *The Legend* belum pernah dilakukan. Perlu dilakukan kajian ilmiah dan investigasi kelimpahan bakteri ini di perairan khususnya di sekitar areal wisata pantai *The Legend*-Pamekasan. Penelitian ini dilakukan untuk memastikan kelayakan pantai tersebut sebagai areal wisata.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan areal wisata pantai *The Legend*-Pamekasan berdasarkan kelimpahan *E. coli* serta menganalisis hubungan konsentrasi bahan organik total terhadap kelimpahan bakteri ini di sekitar stasiun penelitian. Kontribusi penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal terkait status kelayakan pantai *The Legend*-Pamekasan dari aspek cemaran mikrobiologis *E. coli* serta pengaruh kadar bahan organik yang diduga berasal dari limbah yang dihasilkan masyarakat terhadap kelimpahan bakteri ini.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan terhitung dari bulan Juli-Oktober 2022.

Pengambilan sampel air laut dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* dari 7 stasiun pada koordinat 7°14'19,595"S, 113°32'0,315"E, hingga 7°14'20,952"S, 113°31'56,510"E di perairan Desa Padelegan, Pamekasan menuju areal wisata pantai *The Legend* berdasarkan kualifikasi yang telah ditentukan (Gambar 1). Penentuan 7 stasiun pengamatan dilakukan karena areal ini

merupakan sumber cemaran di sekitar pantai *The Legend* (Tabel 1).

Analisis kelimpahan bakteri diuji di Laboratorium Mikrobiologi UPT Pengujian Mutu dan Pengembangan Produk Kelautan dan Perikanan Surabaya sedangkan analisis kadar bahan organik total dilakukan di Laboratorium Oseanografi Universitas Trunojoyo Madura.

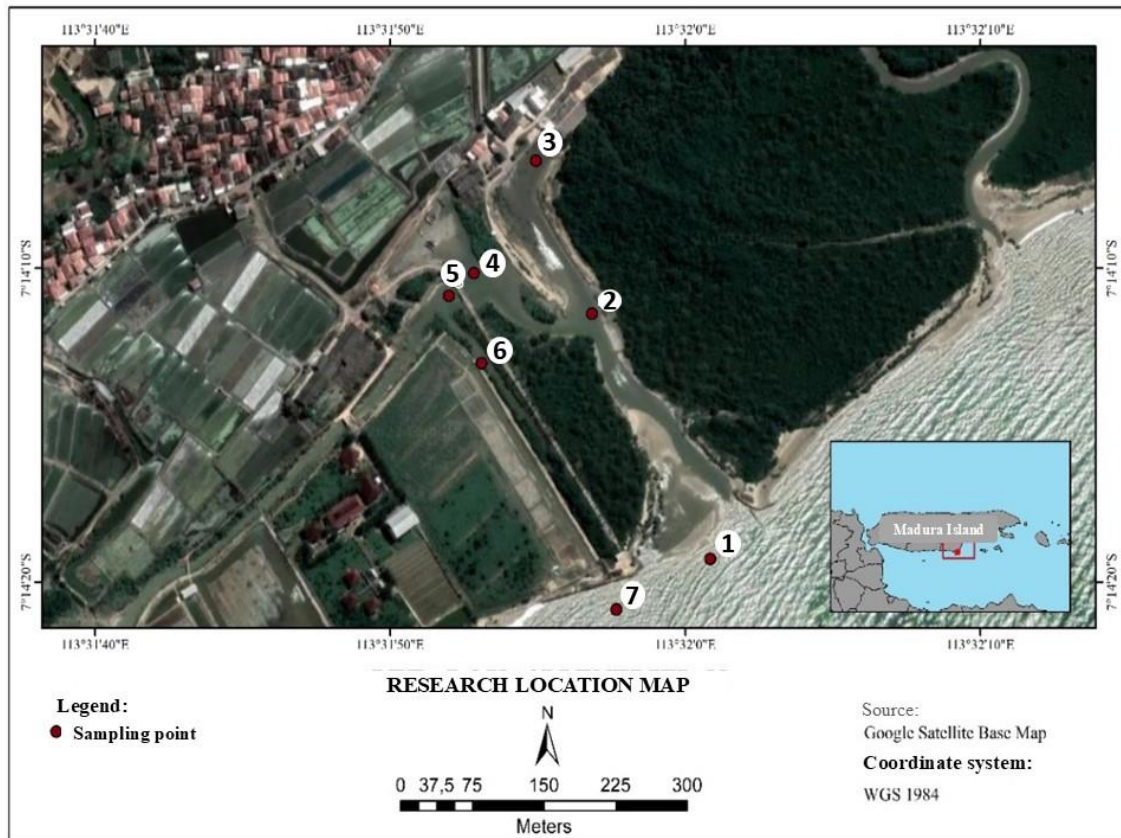


Figure 1. Map of the locations of sea water intake stations in the waters of Padelegan-Pamekasan Village

Gambar 1. Peta lokasi stasiun pengambilan air laut di perairan Desa Padelegan-Pamekasan

Tabel 1. Deskripsi 7 stasiun pengamatan

Table 1. Description of 7 observation stations

Station (ST)	Description
ST 1	Estuary
ST 2	Main river channel
ST 3	Fish washing waste area
ST 4	Boat docking contamination area
ST 5	Domestic waste contamination area
ST 6	Pond area
ST 7	The Legend Beach

Pengambilan Sampel dan Data Parameter Kualitas Air

Pengambilan sampel air laut dilakukan secara aseptik (Asih et al., 2023). Metode ini dilakukan dengan cara mengoleksi air laut dari sekitar lokasi penelitian dengan menggunakan tabung ulir yang telah disterilisasi untuk pengujian kelimpahan bakteri *E. coli*.

Pengambilan sampel air laut untuk kadar bahan organik total dilakukan dengan mengambil air laut dalam keadaan laut pasang menggunakan botol kaca gelap secara horizontal pada kedalaman >30 cm (Karbasdehi et al., 2017). Botol kaca yang terisi air laut disimpan dalam *cool box* yang berisi *dry ice* untuk segera dilakukan analisis. Koleksi data kualitas air diantaranya suhu, pH, salinitas dan oksigen terlarut dilakukan secara *in-situ* di lokasi penelitian.

Uji Kelimpahan dan Karakterisasi Bakteri *Escherichia coli*

Analisis kelimpahan *E. coli* dilakukan menggunakan metode *membrane filter* berdasarkan ISO 9308-1:2014 dengan 3 kali pengulangan. *Membrane filter* ini merupakan metode identifikasi kelimpahan bakteri *E. coli* dengan cara penyaringan khusus (Ekwanzala et al., 2017). Metode ini lebih efektif dan akurat dibandingkan dengan metode konvensional (Rezakazemi et al., 2018). Uji kelimpahan bakteri ini dilakukan dengan menyiapkan media selektif *chromocult agar* pada cawan petri steril. Tahap selanjutnya melakukan pengenceran sebanyak 10 mL sampel diencerkan menggunakan 100 mL akuades. Sampel yang telah diencerkan dilanjutkan tahap filtrasi. Filtrasi dilakukan dengan cara memasang *manifold* pada *apparatus membrane*, lalu meletakkan *membrane filter* dengan ukuran 0,45 µm pada bagian atas *filter holder base*. Sampel air yang telah diencerkan selanjutnya dimasukkan kedalam *manifold* sebanyak 100 mL dan dilanjut dengan kegiatan *vacum*. Hasil dari proses filtrasi partikel dan mikroorganisme

yang tertahan pada *membrane filter* dan *vacum flask* kemudian di tanam ke *chromocult agar*. Sampel kemudian diinkubasi menggunakan inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam. Tahap selanjutnya dilakukan proses perhitungan koloni bakteri menggunakan *colony counter*. Karakterisasi morfologi dan fenotip bakteri *E. coli* dilakukan dengan metode pewarnaan gram bakteri (Asih et al., 2023).

Uji Kadar Bahan Organik Total

Pengambilan sampel untuk analisis bahan organik total (*Total Organic Matter*) pada air laut dilakukan dengan pengujian laboratorium. Sampel air dikoleksi dari 7 stasiun sesuai Gambar 1 sebanyak 1 liter pada masing-masing lokasi. Analisis konsentrasi *Total Organic Matter* dilakukan secara titrimetri yang mengacu pada SNI 06-6989.22-2004. Berikut rumus perhitungan Bahan Organik Total:

$$\frac{[(10-a)b-(10xc)]}{dd} \times 1 \times 31,6 \times 1000 \times f$$

Keterangan: *a* adalah volume KMnO₄ 0,01 N yang dibutuhkan pada titrasi; *b* adalah normalitas KMnO₄ yang sebenarnya; *c* adalah normalitas asam oksalat; *d* adalah volume contoh; dan *f* adalah faktor pengencer contoh uji.

Analisis Data

Hasil analisis kelimpahan bakteri *E. coli* dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk kelayakan wisata bahari berdasarkan Pemerintah Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu <200 CFU/100 mL. Analisis hubungan konsentrasi bahan organik total terhadap kelimpahan *E. coli* di sekitar Perairan Desa Padelegan-Pamekasan hingga wisata pantai *The Legend* dilakukan dengan menggunakan analisis regresi linier sederhana. Pengaruh signifikan

konsentrasi bahan organik total terhadap kelimpahan *E. coli* pada semua stasiun dianalisis dengan nilai ρ value dan kategori koefisien yang dihasilkan (nilai ρ value >0,5-0,75 artinya parameter konsentrasi bahan organik total terhadap parameter kelimpahan bakteri *E. coli* memiliki hubungan yang kuat).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelimpahan Bakteri *Escherichia coli* setiap Stasiun Penelitian

Escherichia coli merupakan bakteri yang umumnya hidup di dalam usus manusia dan mamalia (Rahayu et al., 2018). *E. coli* termasuk jenis bakteri *heterotroph* yang memperoleh zat organik dari lingkungannya dan berfungsi sebagai bakteri pembusuk (Amyati, 2019). Kelimpahan bakteri ini di perairan dapat mengancam keselamatan wisatawan pantai The Legend yang beroperasi di Desa Padelegan Kabupaten Pamekasan.

Hasil uji laboratorium bahwa kelimpahan *E. coli* pada air laut pada 7 stasiun di sekitar pantai The Legend terdeteksi cukup bervariasi (Gambar 2) berkisar 10 CFU/100mL - 490 CFU/100 mL. Total kelimpahan bakteri *E. coli* tertinggi terdapat pada stasiun 1 yaitu areal muara sungai sebesar 490 CFU/100 mL, sedangkan kelimpahan bakteri terendah

terdapat pada stasiun 4 sebesar 10 CFU/100 mL yaitu areal cemaran *docking* perahu. Tingginya kelimpahan *E. coli* di areal muara sungai karena stasiun ini diduga merupakan titik kumpul cemaran dari semua stasiun pengamatan kecuali stasiun 7 yaitu areal wisata pantai The Legend.

Hasil analisis kepadatan bakteri juga diketahui bahwa stasiun 7 yaitu areal wisata pantai The Legend-Pamekasan memiliki kelimpahan bakteri *E. coli* dibawah batas ambang baku mutu yaitu 30 CFU/100 ml. Terdapat 2 stasiun yang terdeteksi memiliki kelimpahan bakteri *E. coli* melebihi ambang batas baku mutu untuk kegiatan wisata bahari yaitu stasiun 1 (muara Sungai) dan stasiun 3 (areal pencucian ikan). Kelimpahan total bakteri *E. coli* di kedua lokasi ini diatas 200 CFU/100 mL. Data ini mengindikasikan bahwa kegiatan berenang yang dilakukan wisatawan di sekitar pantai The Legend saat berkunjung tidak aman dari cemaran bakteri *E. coli* khususnya di stasiun 1. Kegiatan yang direkomendasikan untuk wisata di pantai, khususnya Stasiun 1 adalah jalan-jalan di sekitar pantai ini. Rekomendasi jalan-jalan di areal stasiun ini sering dilakukan oleh wisatawan saat kondisi surut. Kegiatan ini cenderung lebih aman dibandingkan kegiatan berenang, karena stasiun 1 yang dialokasikan sebagai areal wisata pantai merupakan titik

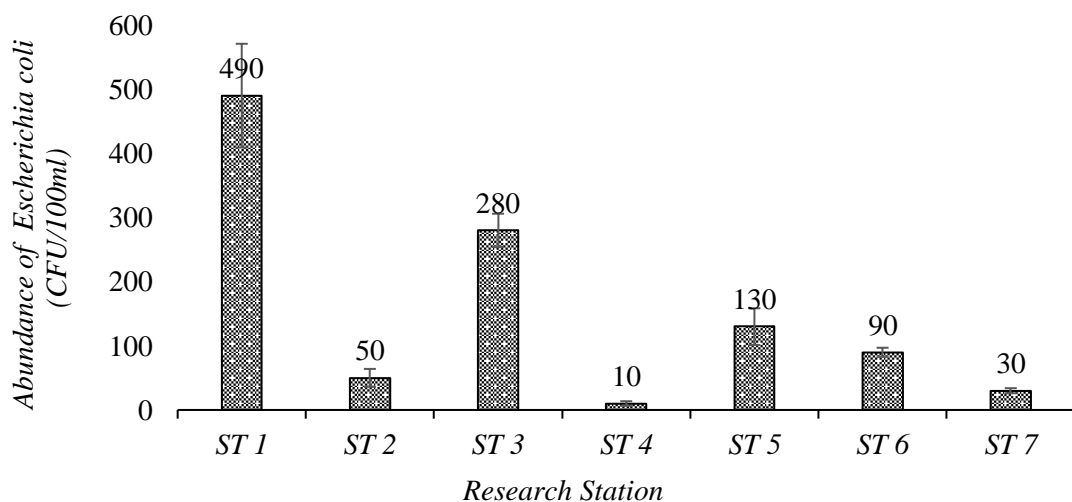


Figure 2. Abundance of *Escherichia coli* bacteria in seawater at each observation station
Gambar 2. Kelimpahan bakteri *Escherichia coli* pada air laut di setiap stasiun pengamatan

kumpul seluruh beban pencemar dan memiliki pergerakan arus yang cenderung cepat saat surut maupun saat pasang. Jenis sedimen pasir dengan kelimpahan bakteri *E. coli* pada sedimen sebesar <3,0 NPM/g pada stasiun 1 (Asih et al., 2024) juga menjadi faktor pendukung kegiatan jalan-jalan, dan hal ini aman untuk dilakukan. Sama dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kelimpahan *E. coli* pada sumber air atau areal titik kumpul cemaran secara konsisten lebih tinggi daripada di sungai (Raña et al., 2017).

Karakteristik Morfologi dan Fenotip Bakteri *Escherichia coli* pada Sampel

Karakterisasi morfologi dan fenotip bakteri merupakan uji lanjut dari uji kelimpahan bakteri *E. coli*. Hasil identifikasi morfologi koloni bakteri dan menunjukkan bahwa koloni bakteri *E. coli* yang tumbuh di media selektif *chromocult* didominasi warna biru dengan bentuk bulat sempurna maupun bulat tidak sempurna (Gambar 3). Koloni bakteri *E. coli*

umumnya berwarna biru dan berbentuk buldar, cembung serta halus dengan tepi nyata dan rata (Khairunnida et al., 2020). Warna biru pada koloni bakteri ini karena adanya interaksi bakteri dengan kandungan selulosa asetat dalam *membrane filter*. Hasil identifikasi koloni bakteri ini dilanjut uji pewarnaan gram untuk mengetahui morfologi bakteri *E. coli* secara detail.

Hasil pengamatan menggunakan mikroskop menunjukkan bahwa morfologi bakteri *E. coli* yang terakumulasi dalam sampel air laut di wisata pantai *The Legend* berbentuk batang (*basil*) dengan ukuran rata-rata 200 µm (Gambar 4). Hal ini mengindikasikan bahwa hasil isolasi yang dilakukan terkonfirmasi benar karena bakteri *E. coli* umumnya berbentuk batang dengan panjang 2 µm dan diameter 0,5 µm (Sutiknowati, 2016). Konfirmasi isolasi juga dibuktikan dengan pewarnaan bakteri. Hasil pewarnaan gram menunjukkan bahwa bakteri *E. coli* mampu menyerap warna safranin, sehingga bakteri ini didominasi warna merah.

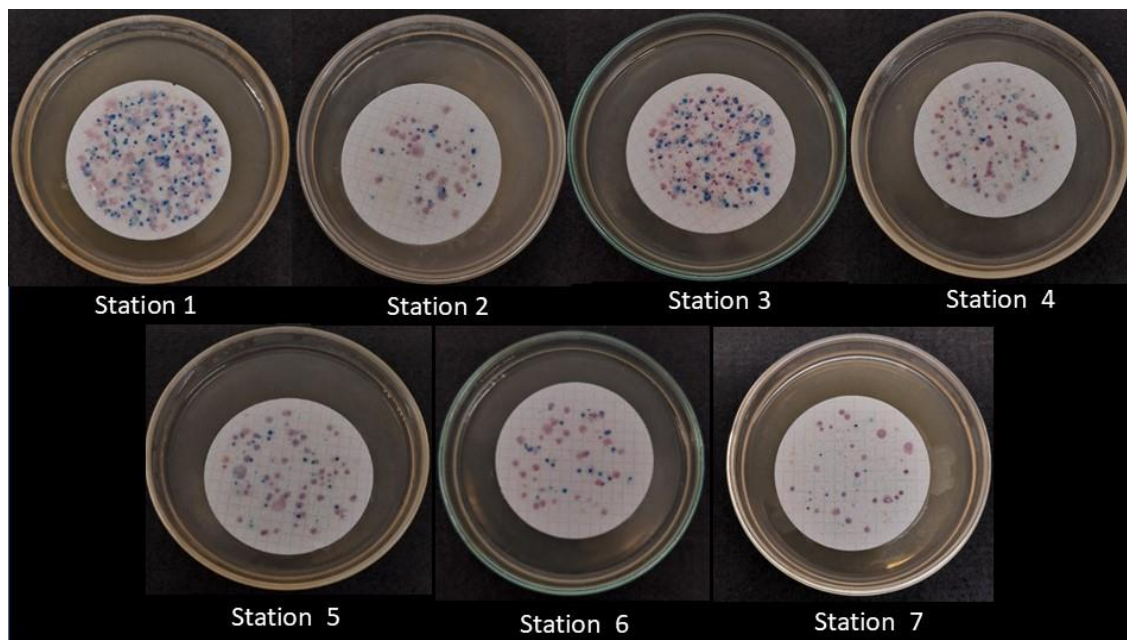


Figure 3. Appearance of the shape and color of a blue *Escherichia coli* bacterial colony on *chromocult coliform* agar media

Gambar 3. Penampakan bentuk dan warna koloni bakteri *Escherichia coli* berwarna biru pada media *chromocult coliform* agar

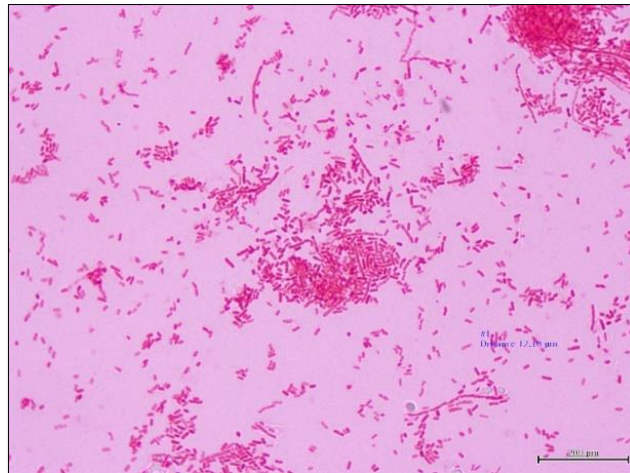


Figure 4. Morphology of *Escherichia coli* bacteria in sea water at The Legend beach tourism 100x magnification

Gambar 4. Morfologi bakteri *Escherichia coli* pada air laut wisata pantai The Legend pembesaran 100x

Warna merah atau merah muda bakteri *E. coli* menjadi ciri bahwa bakteri ini termasuk spesies bakteri gram negatif (Sutiknowati, 2016). Struktur bakteri ini terdiri dari genom inti, fungsi seluler, dan genom aksesoris dengan urutan strain yang fleksibel (Byappanahalli *et al.*, 2015). *Escherichia coli* juga memiliki dua *lipid bilayer* yang dipisahkan oleh struktur peptidoglikan sehingga lebih sulit untuk dimusnahkan dibandingkan dengan bakteri gram positif (Fuentes-López *et al.*, 2022).

Hubungan Konsentrasi Bahan Organik Total (BOT) terhadap Kelimpahan Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri gram negatif (Asih dan Kartika, 2021) yang mudah ditemukan dan dapat menerima perubahan genetik secara alami (Braz *et al.*, 2020). Bakteri ini banyak ditemukan pada air laut yang merupakan media pertumbuhan (*medium of purification*) (Aragonés *et al.*, 2016), sehingga bakteri ini menjadi salah satu indikator sanitasi perairan laut (Stocker *et al.*, 2019). Pertumbuhan *E. coli* di perairan membutuhkan karakteristik parameter kualitas air yang cocok.

Hasil pengukuran parameter kualitas perairan berupa pH, salinitas, DO, Suhu secara *in-situ* pada 7 stasiun cukup bervariasi yaitu kadar salinitas perairan berkisar 30-35 ppt, oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) berkisar 5,08-8,73 mg/L, suhu berkisar 28,8-33,2°C dan pH berkisar 7,25-7,66 (Tabel 2). Perbedaan suhu pada lokasi penelitian dapat diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya cuaca saat sampling (Pratiwi *et al.*, 2019). Oksigen terlarut tertinggi berada pada stasiun 6 sebesar 8,73 mg/L dan terendah pada stasiun 4 sebesar 5,08 mg/L. Oksigen terlarut merupakan oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme laut untuk mendegradasi bahan organik (Bischoff *et al.*, 2015). Semakin tinggi nilai oksigen terlarut, maka kualitas perairan tersebut semakin bagus (Prahutama, 2013). Kisaran nilai DO di lokasi penelitian tergolong dalam kategori yang bagus sesuai dengan baku mutu Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021 yaitu DO >5 mg/L untuk aktivitas wisata pantai.

Kondisi kualitas perairan di lokasi penelitian termasuk kondisi yang dibutuhkan oleh bakteri *E. coli*. Bakteri ini hidup pada rentang suhu 20-40°C dengan suhu optimal pada 37°C (Rahayu *et al.*, 2018). Fluktuasi suhu memiliki pengaruh yang besar terhadap

Tabel 2. Hasil pengukuran parameter kualitas air di setiap stasiun pengamatan
 Table 2. Water quality parameter measurement results at each observation station

Parameter	Station						
	1	2	3	4	5	6	7
Temperature	30.7±0	33.2±0.51	30.3±0	28.8±0.15	31±0	32.1±0	31.4±0.15
Salinity	33±0.57	31±0.57	30±1.73	30±0	30±0	30±0	33±0
pH	7.6±0.1	7.63±0.01	7.38±0.02	7.25±0.01	7.25±0	7.71±0.02	7.66±0
DO	7.09±0	7.57±0.03	5.65±0.02	5.08±0	5.62±02	10.44±0	9.11±0

Information: DO= Dissolved Oxygen

kelimpahan *E. coli* yaitu sebagai penentu regenerasi yang dibutuhkan bakteri untuk membelah diri menjadi dua (Jang *et al.*, 2017). Kondisi suhu yang tinggi perairan menyebabkan mikroorganisme kurang optimal dalam mendegradasi sumber bahan organik sehingga bahan organik yang terurai menjadi lebih sedikit (Liang *et al.*, 2016; Hasibuan *et al.*, 2021).

Hasil pengujian bahan organik total pada air laut menunjukkan bahwa konsentrasi bahan organik total berkisar antara 105,33 mg/L-489,73 mg/L (Gambar 5). Konsentrasi bahan organik total tertinggi pada Stasiun 1 sebesar 489,73 mg/L dan terendah pada Stasiun 2 sebesar 105,33 mg/L. Tingginya konsentrasi bahan organik total pada Stasiun 1 karena areal stasiun ini merupakan areal muara yang menjadi tempat berkumpulnya bahan organik yang terbawa saat kondisi pasang dan sebagian mengendap saat surut. Areal muara hingga

lepas pantai merupakan titik kumpul dari berbagai jenis bahan pencemar sebagai sumber utama terdegradasinya suatu lingkungan (Januário *et al.*, 2020). Diduga tingginya konsentrasi bahan organik total di lokasi penelitian dipicu oleh pasokan sampah domestik (*marine debris*), limbah industri (*industrial waste*), dan tumpahan minyak (*oil spill*) yang mencemari stasiun penelitian.

Tingginya konsentrasi bahan organik total pada Stasiun 1 (areal muara) yaitu 489,73 mg/L selaras dengan tinggi kelimpahan bakteri *E. coli* pada Stasiun 1 yaitu 490 CFU/100 ml. Hal ini mengindikasikan semakin tinggi kandungan bahan organik total pada air laut maka semakin tinggi kelimpahan bakteri *E. coli* pada air laut di stasiun tersebut. Hasil ini juga didukung berdasarkan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kelimpahan bakteri *E. coli* pada sedimen pantai berpasir yang telah mengalami

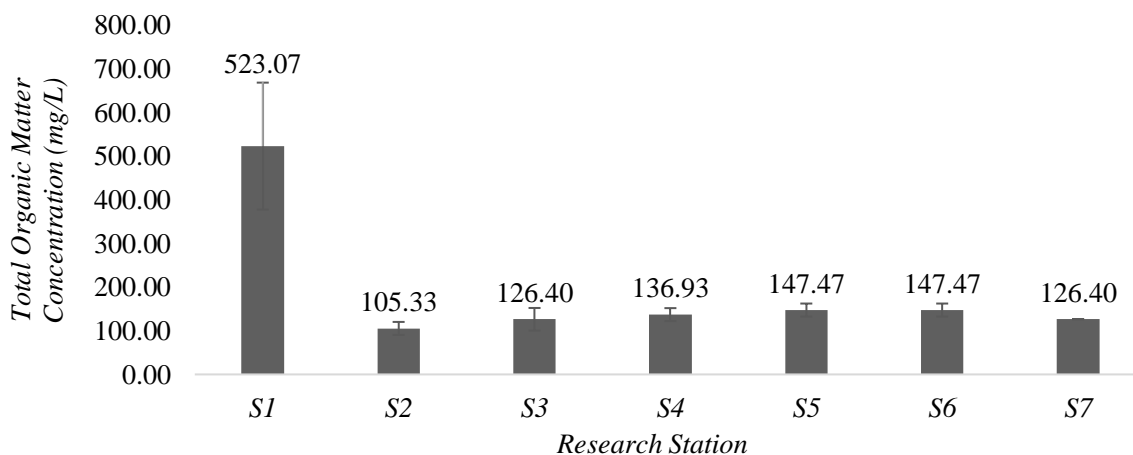


Figure 5. Total organic matter concentration in seawater at each observation station
 Gambar 5. Konsentrasi bahan organik total pada air laut di setiap stasiun pengamatan

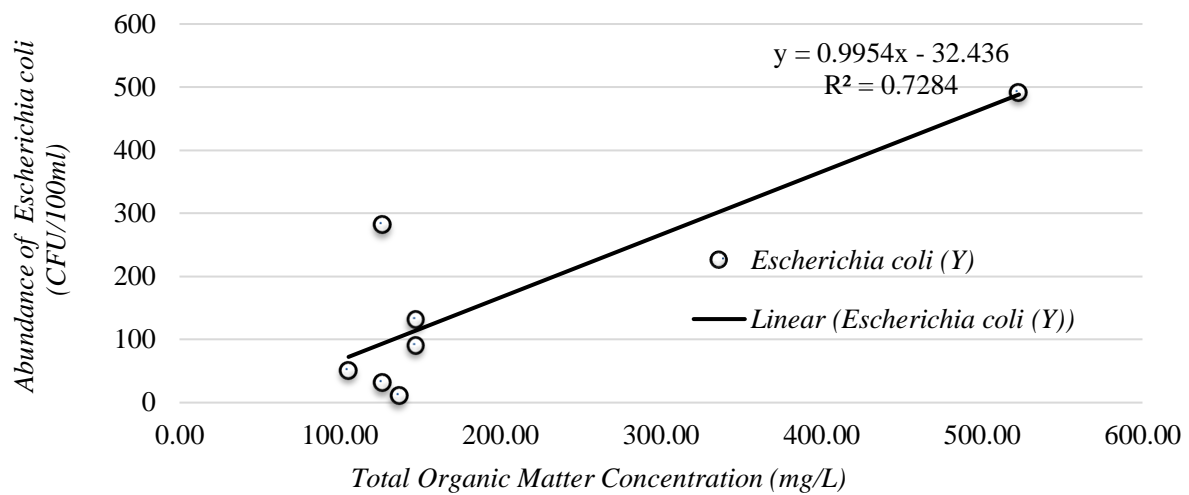


Figure 6. Relationship between total organic matter concentration and abundance of *Escherichia coli*

Gambar 6. Hubungan konsentrasi bahan organik total terhadap kelimpahan *Escherichia coli*

pembangunan cenderung memiliki kelimpahan yang tinggi akibat masuknya limpasan nutrisi ke perairan (Lewis *et al.*, 2024). Faktor lain yang menyebabkan peningkatan kelimpahan bakteri *E. coli* pada perairan yaitu areal masukan aliran sungai (muara), lahan basah pesisir (*coastal wetlands*) dan fenomena suak (Lyle *et al.*, 2024).

Hasil analisis regresi linear sederhana menunjukkan bahwa ada hubungan signifikan sangat kuat antara konsentrasi bahan organik total terhadap kelimpahan *E. coli* (Gambar 6). Hasil analisis regresi sederhana menunjukkan bahwa hubungan konsentrasi bahan organik total pada air laut dengan kelimpahan bakteri *E. coli*, menunjukkan persamaan $y = 0,995x + 32,436$ dengan nilai korelasi sebesar $R^2=0,728$. Hasil analisis ini mengindikasikan bahwa persentase kelimpahan bakteri *E. coli* dipengaruhi oleh bahan organik total sebesar 73%. Hasil analisis juga diperoleh nilai signifikansi (p value) antara konsentrasi bahan organik total dengan kelimpahan bakteri *E. coli* yaitu 0,14 artinya p value $0,01 < 0,05$, maka terdapat pengaruh yang signifikan antara kelimpahan *E. coli* terhadap kandungan bahan organik total di perairan Desa Padelegan.

Kandungan bahan organik total pada suatu perairan meliputi bahan organik terlarut,

tersuspensi, dan koloid (Azlan *et al.*, 2012). Bahan organik tersebut berasal dari sampah domestik dan industri, tumpahan minyak, atau zat yang didapat dari organisme lain (Pratiwi *et al.*, 2019). Bahan organik ini dimanfaatkan sebagai sumber makanan bagi bakteri yang bersifat heterotrofik (Jang *et al.*, 2017) salah satunya *E. coli*.

KESIMPULAN

Kelimpahan bakteri *Escherichia coli* pada air laut di areal wisata pantai *The Legend-Pamekasan* masuk kategori layak sebagai areal wisata pantai sebesar 30 CFU/mL berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021. Terdapat pengaruh yang signifikan antara kandungan bahan organik total terhadap kelimpahan *Escherichia coli* dengan nilai p value 0,14 (p value $0,01 < 0,05$). Persentase kelimpahan bakteri *E. coli* dipengaruhi oleh bahan organik total sebesar 73%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan kasih penulis sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Trunojoyo Madura melalui Program Hibah Penelitian Mandiri

UTM 2022 dengan nomor kontrak penelitian: 393/UN46.4.1/PT.01.03/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Amyati, A. 2019. Identifikasi bakteri *Escherichia* pada air sumur Gali. *J Ilmiah Ilmu Kesehatan: Wawasan Kesehatan*, 6(1): 88-94. <https://doi.org/10.33485/jiik-wk.v6i1.167>.
- Aragonés, L., I. López, A. Palazón, R. López-Ubeda, and C. García. 2016. Evaluation of the quality of coastal bathing waters in Spain through fecal bacteria *Escherichia coli* and *Enterococcus*. *Science of the Total Environment*, 566–567, 288–297. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.106>
- Asih, E.N.N., A. Ramadhanti, A. Wicaksono, K. Dewi, and S. Astutik. 2024. Deteksi total bakteri *Escherichia coli* pada sedimen laut perairan Desa Padelegan sebagai indikator cemaran mikrobiologis wisata pantai The Legend-Pamekasan. *J of Marine Research*, 13(1): 161–170. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i1.37063>
- Asih, E.N.N., D.A. Fitri, A.G.D. Kartika, S. Astutik, and M. Efendy. 2023. Potensi bakteri halofilik ekstim dari tambak garam tradisional sebagai penghambat aktivitas bakteri *Salmonella* sp. *J of Marine Research*, 12(3): 382–390. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i3.35372>
- Asih, E.N.N., and A.G.D. Kartika. 2021. Potensi dan karakteristik bakteri simbiosis karang lunak *Sinularia* sp. sebagai anti bakteri *Escherichia coli* dari perairan Pulau Gili Labak Madura Indonesia. *J of Marine Research*, 10(3): 355–362. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i3.30689>
- Azlan, A., E.R. Aweng, C.O. Ibrahim, and A. Noorhaidah. 2012. Correlation between soil organic matter, total organic matter and water content with climate and depths of soil at different land use in Kelantan, Malaysia. *J of Applied Sciences and Environmental Management*, 16(4): 353-358.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 06-6989.22-2004 Air dan air limbah - Bagian 22: Cara uji nilai permanganat secara titrimetri. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–10.
- Bischoff, S., M.T. Schwarz, J. Siemens, L. Thieme, W. Wilcke, and B. Michalzik. 2015. Properties of dissolved and total organic matter in throughfall, stemflow and forest floor leachate of central European forests. *Biogeosciences*, 12(9): 2695–2706. <https://doi.org/10.5194/bg-12-2695-2015>
- Braz, V.S., K. Melchior, and C.G. Moreira. 2020. *Escherichia coli* as a multifaceted pathogenic and versatile bacterium. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10(December): 1–9. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.548492>
- Byappanahalli, M.N., M.B. Nevers, R.L. Whitman, and S. Ishii. 2015. Application of a Microfluidic Quantitative Polymerase Chain Reaction Technique to Monitor Bacterial Pathogens in Beach Water and Complex Environmental Matrices. *Environmental Science and Technology Letters*, 2(12): 347–351. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.5b00251>
- Ekwanzala, M.D., A.L.K. Abia, E. Ubomba-Jaswa, J. Keshri, and N.B.M. Momba. 2017. Genetic relatedness of *faecal coliforms* and *enterococci* bacteria isolated from water and sediments of the Apies River, Gauteng, South Africa. *AMB Express*, 7(1): 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13568-016-0319-4>
- Fuentes-López, D., D. Ortega-Zambrano, M.A. Fernández-Herrera, and H. Mercado-Uribe. 2022. The growth of *Escherichia coli* cultures under the

- influence of pheomelanin nanoparticles and a chelant agent in the presence of light. *PLoS ONE*, 17(3 March): 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265277>
- Hanifah, H., J. Suprijanto, and S. Subagiyo. 2020. Jumlah total bakteri dan bakteri coliform pada air laut dan sedimen perairan laut Kecamatan Kendal. *J of Marine Research*, 9(3): 245–250. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27480>.
- Hasibuan, E.S.F., E. Supriyanti, and S. Sunaryo. 2021. Pengukuran parameter bahan organik di perairan sungai Silugonggo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3): 299–306. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.32345>
- International Standardization Organization (ISO), T. 2014. 9308-1- Water quality- Determination and counting of *Escherichia coli* and coliform bacteria- Part 1: Membrane filtration method for low bacterial ground water (ISO 9308-1: 2014). *Turkish Standards Institute, Ankara*.
- Jang, J., H. Hur, M.J. Sadowsky, M.N. Byappanahalli, T. Yan, and S. Ishii. 2017. Environmental *Escherichia coli*: ecology and public health implications-a review. *J of Applied Microbiology*, 123(3): 570–581. <https://doi.org/10.1111/jam.13468>.
- Januário, A.P., C.N. Afonso, S. Mendes, and M.J. Rodrigues. 2020. Faecal indicator bacteria and *Pseudomonas aeruginosa* in marine coastal waters: Is there a relationship? *Pathogens*, 9(1): 1-10. <https://doi.org/10.3390/pathogens9010013>
- Karbasdehi, V.N., S. Dobaradaran, I. Nabipour, A. Ostovar, H. Arfaeinia, A. Vazirizadeh, R. Mirahmadi, M. Keshtkar, F.F. Ghasemi, and F. Khalifei. 2017. Indicator bacteria community in seawater and coastal sediment: The Persian Gulf as a case. *J of Environmental Health Science and Engineering*, 15(1): 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40201-017-0266-2>
- Kasim, K.P., O. Setiani, and N.E. Wahyuningsih. 2014. Faktor-faktor yang berhubungan dengan cemaran mikroba dalam air minum isi ulang pada depot air minum Kota Makassar. *J Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 13(2): 39–44. <https://doi.org/10.14710/jkli.13.2.39-44>
- Khairunnida, G.R., H. Rusmini, E. Maharyuni, and E. Warganegara. 2020. Identifikasi *Escherichia coli* penyebab waterborne disease pada air minum kemasan dan air minum isi ulang. *J Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 12(2): 634–639. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v12i2.370>.
- Kotsiri, Z., A. Vantarakis, F. Rizzotto, D. Kavanaugh, N. Ramarao, and J. Vidic. 2019. Sensitive detection of *E. coli* in artificial seawater by aptamer-coated magnetic beads and direct PCR. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(24): 1-9. <https://doi.org/10.3390/app9245392>.
- Lewis, J.A., V.J. Frost, and M.J. Heard. 2024. Examining the potential impacts of a coastal renourishment project on the presence and abundance of *Escherichia coli*. *PLoS ONE*, 24(May): 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304061>
- Liang, X., C. Liao, M.L. Thompson, M.L. Soupir, L.R. Jarboe, and P.M. Dixon. 2016. *E. coli* surface properties differ between stream water and sediment environments. *Frontiers in Microbiology*, 7(November): 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01732>
- Lubis, N.A., S. Nedi, and I. Effendi. 2021. Level of water pollution based on organic material parameters and number of bacteria *Escherichia coli* in Dumai River Estuary, Dumai City. *J of Coastal and Ocean Sciences*, 2(2): 146–153. <https://doi.org/10.31258/jocos.2.2.146-153>

- Lyle, T.J.H., K.M. Chomicki, and A.E. Kirkwood. 2024. Coastal wetlands as sources of *Escherichia coli* to the nearshore of Lake Ontario. *J of Great Lakes Research*, 50(2). <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2024.102292>
- Maruka, S.S., G. Siswohutomo, and R.D. Rahmatu. 2017. Identifikasi cemaran bakteri *Escherichia coli* pada ikan layang (*Decapterus russelli*) segar di berbagai pasar Kota Palu. *J Mitra Sains*, 5(1): 84–89. <https://doi.org/10.22487/mitrasains.v5i1.45>.
- Mufaidah, Z., S. Supriharyono, and M.R. Muskananfolo. 2016. Hubungan kandungan bahan organik dengan total bakteri di sedimen muara sungai Wiso, Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(4): 265-274. <https://doi.org/10.14710/marj.v5i4.14419>
- Pemerintah Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 1(078487A), 483. <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- Prahitama, A. 2013. Estimasi kandungan DO (*Dissolved Oxygen*) di Kali Surabaya dengan Metode Kriging. *J Jurusan Statistika*, 1(2): 1–6. <https://doi.org/10.26714/jsunimus.1.2.2013.%25p>
- Pratiwi, A.D., N. Widyorini, and A. Rahman. 2019. Analisis kualitas perairan berdasarkan total bakteri coliform di sungai Plumbon, Semarang. *J of Maquares*, 8(3): 211–220. <https://doi.org/10.14710/marj.v8i3.24258>
- Rahayu, W.P., N. Siti, and K. Ema. 2018. *Escherichia coli* patogenitas analisis dan kajian risiko. IPB Press. Bogor.
- Raña, J., J. Domingo, A.G. Opinion, and F. Cambia. 2017. Contamination of coliform bacteria in water and fishery resources in Manila Bay Aquaculture Farms. *The Philippine Journal of Fisheries*, 24(2): 98–126. <https://doi.org/10.31398/tpjf/24.2.2016a0015>
- Rezakazemi, M., A. Khajeh, and M. Mesbah. 2018. Membrane filtration of wastewater from gas and oil production. *Environmental Chemistry Letters*, 16(2): 367–388. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0693-4>
- Setyati, W.A., D. Pringgenies, D. B.P Pamungkas, and C.A. Suryono. 2022. Monitoring bakteri coliform pada pasir pantai dan air laut di wisata pantai Marina dan Pantai Baruna. *J Kelautan Tropis*, 25(1): 113–120. <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i1.13775>.
- Stocker, M.D., J.E. Smith, C. Hernandez, D. Macarisin, and Y. Pachepsky. 2019. Seasonality of *E. coli* and *Enterococci* concentrations in Creek Water, Sediment, and Periphyton. *Water, Air, and Soil Pollution*, 230(9): 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4263-1>
- Sutiknowati, L.I. 2016. Bioindikator Pencemar, Bakteri *Escherichia coli*. *Jurnal Oseana*, 41(4): 63–71. ISSN 0216-1877.
- Widyaningsih, W., S. Supriharyono, and N. Widyorini. 2016. Analisis total bakteri coliform di perairan muara Kali Wiso Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(3): 157–164. <https://doi.org/10.14710/marj.v5i3.14403>