

# Monitoring Bakteri Coliform pada Pasir Pantai dan Air Laut di Wisata Pantai Marina dan Pantai Baruna

Wilis Ari Setyati<sup>1\*</sup>, Delianis Pringgenies<sup>1</sup>, Dony Bayu Putra Pamungkas<sup>2</sup>,  
Chrisna Adhi Suryono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Ilmu Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. dr. Suparno 63 Grendeng, Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53122 Indonesia

Email : wilisarsetyati@lecturer.undip.ac.id

## Abstract

### Coliform Bacteria Monitoring in the Beach Sand and Sea Water at the Tourist Site of Marina Beach and Baruna Beach

Marina and Baruna Beach are widely recognized as popular beach tourism destinations in Semarang. Its proximity to the main beach estuary causes them to significantly impact marine tourism quality. In addition, their exposure to waste may be a potential threat to biological pollution. Coliform and *Escherichia coli* are used as bioindicators to monitor the quality of marine tourism due to their high correlation to faecal contamination and pathogenic microbes. Samples collected were beach sand and seawater from Marina Beach, Baruna Beach and the estuary of Semarang Banjir Kanal Barat. Data were collected following the presumptive and confirmed test, followed by the conversion to MPN Table. Data obtained is combined with Government Regulations No. 22 of 2021 in Appendix VIII, specifically seawater quality standards for marine tourism. The results of this study reveal high contamination of coliform and *E. coli* in both beaches. Coliform result in the swimming zone at Marina Beach was 2800 MPN/100ml and at Baruna Beach was 16000 MPN/100ml. Meanwhile, *Escherichia coli* in the swimming zone area at Marina Beach was 400 MPN/100ml and at Baruna Beach was 1700 MPN/100ml. Overall, these results show that the contamination rate from both swimming zones is higher than the recommended seawater quality standard for marine tourism

**Keywords :** Coliform, *Escherichia coli*, Marine tourism, Most Probable Number

## Abstrak

Wisata Pantai Marina dan Pantai Baruna menjadi kawasan wisata pantai yang populer di Kota Semarang. Lokasinya yang berdekatan dengan muara sungai utama di Kota ini berdampak terhadap kualitas wisata pantai. Paparan limbah berpotensi menyebabkan pencemaran biologis. Monitoring terhadap bakteri coliform dan bakteri *Escherichia coli* dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas wisata pantai, karena keberadaannya berkorelasi dengan cemaran feses dan mikroba patogen. Sampel berupa pasir pantai dan air laut diambil dari lokasi Pantai Marina, Pantai Baruna, dan muara Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang. Pengujian sampel dilaksanakan dengan presumtif test dan confirmed test, selanjutnya dikonversi dengan Tabel MPN. Data yang didapatkan akan dipadukan dengan PP Nomor 22 Tahun 2021 pada Lampiran VIII, yaitu baku mutu air laut untuk wisata bahari. Hasil penelitian menunjukkan tingginya kontaminasi bakteri coliform dan bakteri *Escherichia coli* di kedua pantai. Hasil coliform pada kawasan swimming zone pada Pantai Marina 2800 MPN/100ml dan Pantai Baruna 16000 MPN/100ml, serta hasil *Escherichia coli* pada kawasan swimming zone pada Pantai Marina 400 MPN/100ml dan Pantai Baruna 1700 MPN/100ml. Kawasan swimming zone pada wisata Pantai Marina dan Pantai Baruna mempunyai hasil yang melebihi baku mutu air laut untuk wisata bahari.

**Kata kunci :** Coliform, *Escherichia coli*, Most Probable Number, Wisata bahari

## PENDAHULUAN

Pesisir Indonesia merupakan wilayah yang mempunyai potensi pemanfaatan yang luas, seperti kegiatan perikanan budidaya, perikanan tangkap, dan wisata bahari (Mahi, 2016). Pantai Marina dan Pantai Baruna berada pada sisi utara Pulau Jawa yang berhadapan langsung dengan Laut Jawa. Pantai Marina dan Pantai Baruna berdekatan dengan salah satu sungai utama yang membelah Kota Semarang, yaitu Sungai Banjir Kanal Barat (BKB). Muara sungai merupakan lokasi yang subur di kawasan lingkungan pesisir (Suprpto *et al.*, 2014). Sungai Banjir

Kanal Barat merupakan salah satu sungai utama di Kota Semarang yang secara langsung mengalirkan kotoran atau limbah dari berbagai aktivitas manusia ke laut.

Perairan yang terdampak limbah feces dan mikroba dapat diindikasikan dengan kegiatan monitoring terhadap bakteri coliform (Askar *et al.*, 2018). Bakteri coliform (total coliform) merupakan kelompok bakteri yang dapat dijadikan indikator atau tolak ukur biologis pada kualitas lingkungan (Widyaningsih *et al.*, 2016). Bakteri coliform terbagi menjadi dua subkelompok, yaitu fekal coliform dan non-fekal coliform. Fekal coliform berasal dari saluran pencernaan organisme berdarah panas, sedangkan non-fekal coliform berasal dari jasad tumbuhan atau hewan yang mati (Knechtges, 2011). Bakteri *Escherichia coli* menjadi salah satu spesies utama dalam subkelompok fekal coliform. Bakteri *E. coli* digunakan sebagai indikasi yang lebih kuat dibandingkan total coliform, karena sifatnya yang lebih spesifik.

Monitoring terhadap kualitas biologis seringkali dikesampingkan pada kegiatan monitoring kualitas wisata pantai. Sampai saat ini monitoring kualitas biologis pasir pantai kurang diperhatikan dibandingkan kualitas air laut (Wade *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2015). Keberadaan kelompok coliform khususnya bakteri *E. coli* dapat menjadi bakteri patogen untuk beberapa kasus penyakit. Bakteri patogen merupakan kelompok bakteri yang mampu menyebabkan kerusakan pada organisme lain (Tapotubun *et al.*, 2016). Bakteri *E. coli* mampu menyebabkan individu yang sehat menjadi sakit, dimana terdapat tiga sindrom klinis umum yaitu infeksi saluran kemih (UTIs), sepsis/meningitis, dan penyakit enterik/diare. Strain bakteri *E. coli* menggunakan skema multi langkah patogenesis, yaitu dengan kolonisasi pada mukosa, penghindaran sistem pertahanan inang, *multiplication* dan kerusakan pada inang (Kaper *et al.*, 2004).

Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan ancaman kesehatan bagi wisatawan pantai, dimana dapat dikontrol dengan monitoring pada bakteri coliform dan *E. coli*. Monitoring mengenai keberadaan bakteri coliform dan *E. coli* akan menghasilkan informasi yang dapat dipadukan dengan PP RI No 22 Tahun mengenai baku mutu air laut untuk wisata bahari. Selain air laut, pasir pantai juga menjadi objek pada monitoring karena menjadi sumber kronis pencemaran biologis (Cui *et al.*, 2013). Kualitas wisata pantai dapat menurun 30 - 50% dengan adanya kontaminasi feces dan mikroba (Dave *et al.*, 2010). Tujuan penelitian ini yaitu memberikan informasi dasar mengenai kontaminasi bakteri coliform dan bakteri *E. coli* pada wisata Pantai Marina, Pantai Baruna, dan Muara Sungai Banjir Kanal Barat.

## MATERI DAN METODE

Pengambilan sampel pada kawasan wisata pantai dibagi menjadi 3 zona sampling, yaitu kawasan *dry beach*, *swash zone*, dan *swimming zone* (Lee *et al.*, 2017) (Gambar 1). Pengambilan sampel air laut dan pasir pantai dilaksanakan di Wisata Pantai Marina dan Pantai Baruna, Kota Semarang, Jawa Tengah. Pengambilan sampel air laut (kawasan *swimming zone*) terkait data rekreasi dilaksanakan pada jarak 1,5 m dari garis pantai. Sampel air laut diambil sebanyak 200-250 ml atau 2/3 dari volume botol sampel, kemudian dikemas ke dalam botol sampel yang sudah dilapisi oleh lakban hitam (Skorczewski *et al.*, 2012). Pengambilan sampel air laut dengan kedalaman >30cm dibawah permukaan air laut (Karbadehi *et al.*, 2017).

Sampel pasir pantai diambil pada kawasan *dry beach* dan *swash zone*. Sampel pada *dry beach* dikoleksi dari bagian pasir pantai yang tidak terdampak resapan air laut atau 5-10 m dari garis pantai dengan kedalaman 0-5 cm dan 10-25 cm (Gambar 2), sedangkan sampel pada *swash zone* diambil dari bagian pasir pantai yang terdampak resapan air laut atau 1-2 m dari garis pantai (Skorczewski *et al.*, 2012). Uji coliform dan *Escherichia coli* dengan 2 tahap, yaitu *presumptive test* dan *confirmed test*. *Presumptive test* menggunakan media *Lactose Broth* (LB), *confirmed coliform* menggunakan media *Brilliant Green Bile Lactose Broth* (BGLB), dan *confirmed Escherichia coli* menggunakan media EC-MUG. Hasil dari *confirmed test* dikonversi dengan Tabel *Most Probable Number* (MPN). Satuan pada sampel pasir pantai yaitu MPN/gram, sedangkan satuan

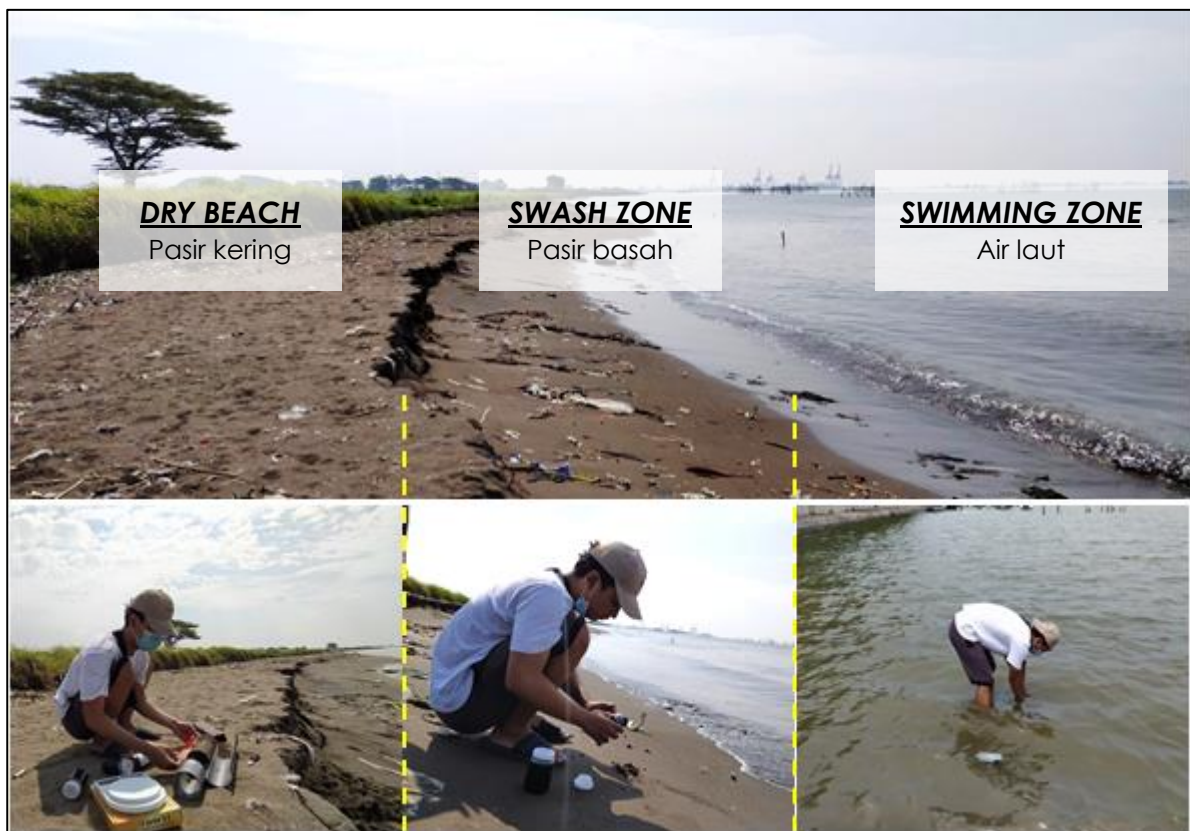
pada sampel air laut yaitu MPN/100 ml. Analisis yang diperoleh dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk wisata bahari yang tercantum dalam Lampiran VIII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Baku Mutu Air Laut untuk Wisata Bahari dapat dilihat pada Tabel 1.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian tentang keberadaan bakteri coliform pada Pantai Marina, Pantai Baruna, dan muara Sungai BKB (Gambar 2). Keberadaan total coliform menjadi indikator umum akan kualitas suatu lingkungan, karena keberadaannya berkorelasi dengan cemaran feces dan mikroba lainnya (Askar *et al.*, 2018). Berdasarkan Lampiran VIII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 baku mutu air laut untuk wisata bahari, baku mutu untuk coliform yaitu 1000 MPN/100ml. Hasil total coliform pada *swimming zone* di Pantai Marina dan Pantai Baruna menunjukkan hasil 2800 MPN/100ml dan 16000 MPN/100ml, hal ini menunjukkan bahwa keberadaan total coliform telah melampaui baku mutu. Hasil pada sampel pasir pantai atau kawasan *dry beach* dan *swash zone* ditemukan keberadaan bakteri coliform. Penelitian Cui *et al.* (2013), keberadaan bakteri coliform pada lingkungan pantai akan saling berkorelasi, dimana pasir pantai menjadi sumber kronis.

**Tabel 1.** PP Nomor 22 Tahun 2021, tentang air laut untuk wisata bahari

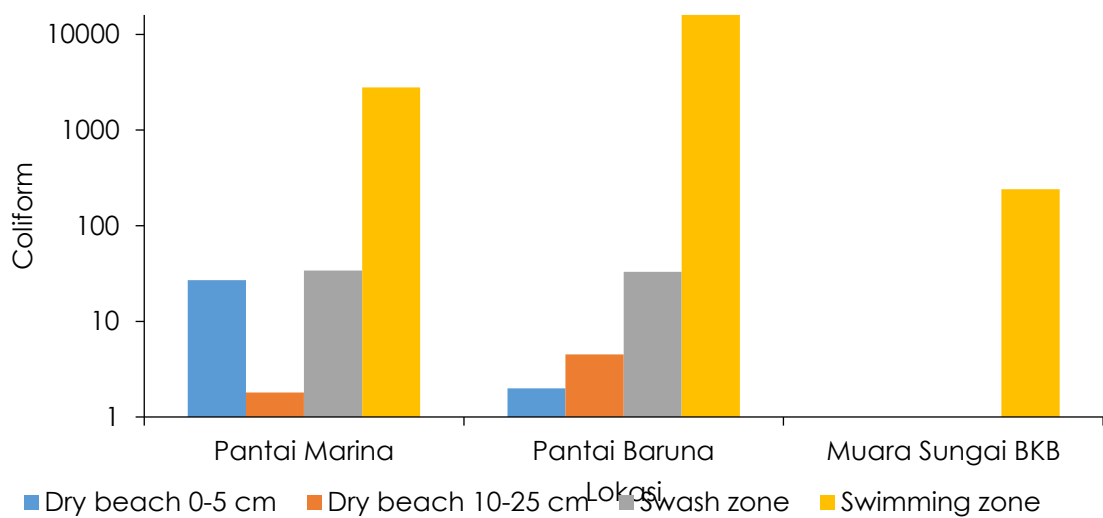
Parameter	Satuan	Baku Mutu
Coliform	Jml/100 ml	1000
Fecal coliform	Jml/100 ml	200



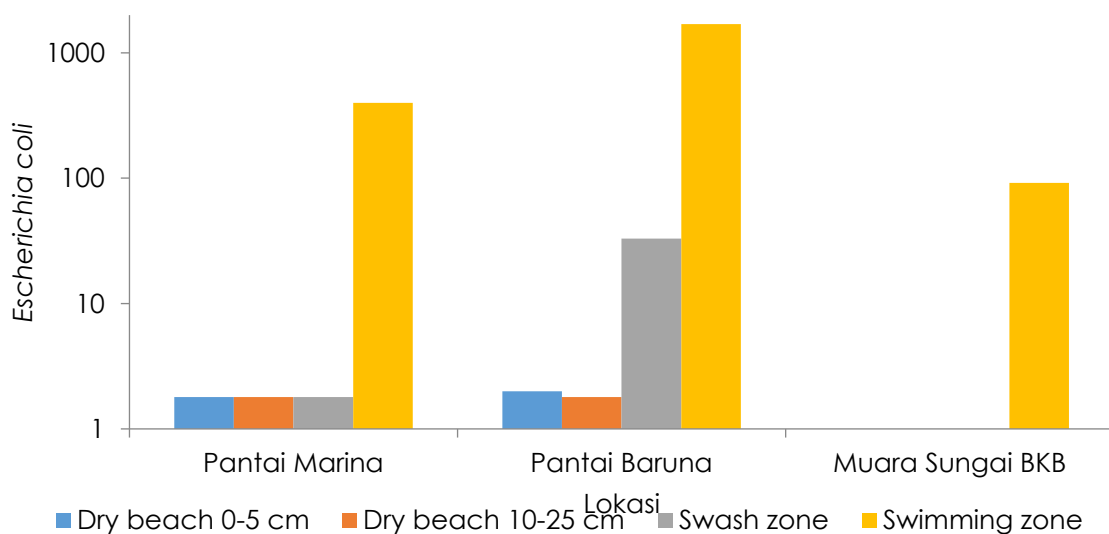
**Gambar 1.** Posisi sampling pada 3 bagian (*dry beach, swash zone dan swimming zone*), dokumentasi diambil di Pantai Baruna, Semarang.

Penentuan keberadaan kelompok coliform fekal dapat menjadi indikator pencemaran biologis dan sifatnya spesifik (Sabino *et al.*, 2014). Hasil penelitian keberadaan bakteri *E. coli* pada ketiga lokasi (Gambar 3). Keberadaan fecal coliform (*Escherichia coli*) tertinggi pada kawasan *swimming zone*, yaitu hasil pada Pantai Marina yaitu 400 MPN/100ml, sedangkan hasil pada Pantai Baruna mencapai 1700 MPN/100ml. Menurut Trisna (2018), pencemaran pada perairan oleh limbah organik menciptakan media tumbuh bagi mikroorganisme patogen, karena limbah organik menjadi suplai nutrisi yang baik bagi keberadaan mikroorganisme. Mikroorganisme patogen yang berkembang biak di perairan dapat menimbulkan potensi penyakit pada wisatawan pantai.

Berdasarkan Lampiran VIII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 baku mutu air laut untuk wisata bahari, baku mutu untuk bakteri *Escherichia coli* (fecal) yaitu 200 MPN/100ml. Hasil bakteri *E. coli* pada *swimming zone* di Pantai Marina dan Pantai Baruna menunjukkan hasil 400 MPN/100ml dan 1700 MPN/100ml, hal ini menunjukkan bahwa keberadaan bakteri *E. coli* telah melampaui baku mutu. Hasil pada kawasan *dry beach* dan *swash zone* hanya ditemukan keberadaan bakteri *E. coli* yang kecil.



**Gambar 2.** Data yang diperoleh untuk coliform, baku mutu coliform untuk air laut wisata bahari berdasarkan Lampiran VIII PP RI Nomor 22 Tahun 2021 yaitu 1000 MPN/100 ml



**Gambar 3.** Data yang diperoleh untuk *Escherichia coli*, baku mutu *Escherichia coli* air laut wisata bahari berdasarkan Lampiran VIII PP RI Nomor 22 Tahun 2021 yaitu 200 MPN/100 ml

Tingginya eksistensi bakteri *E. coli* pada perairan wisata pantai atau kawasan swimming zone dapat memberikan peluang ancaman kesehatan secara waterborne. Penelitian Fleisher *et al.* (2010), paparan air laut dikawasan wisata bahari menunjukkan adanya peningkatan penularan resiko penyakit gastrointestinal, infeksi kulit, dan infeksi pernafasan akut. Sedangkan penelitian Heaney *et al.* (2012), kontak pada pasir pantai yang terkontaminasi dapat memberikan efek kesehatan terhadap masyarakat dimana menunjukkan adanya korelasi antara enterococci dengan peningkatan penyakit saluran pencernaan. Menjaga kebersihan tubuh dapat menjadi langkah pertama dalam melakukan antisipasi terhadap kontaminasi bakteri *Escherichia coli*. Menurut Lee *et al.* (2017), usaha untuk tidak menelan air laut dan membersihkan tubuh dapat meminimalisir dampak negatif terhadap kesehatan akibat aktivitas dikawasan wisata pantai.

Pengambilan sampel dan parameter lingkungan dilakukan pada waktu yang bersamaan, yaitu pada musim penghujan dengan curah hujan yang tinggi pada 5 November 2020, pukul 08.15 -10.30 WIB. Pengukuran diperoleh ukuran butiran pasir pantai di Pantai Marina yaitu 14,58  $\mu\text{m}$  (*swash zone*) dan 12,007  $\mu\text{m}$  (*dry beach*). Sedangkan ukuran butiran pasir pantai di Pantai Baruna di *swash zone* 24,717  $\mu\text{m}$  dan di *dry beach* yaitu 15,926  $\mu\text{m}$ . Nilai parameter perairan dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil parameter lingkungan menunjukkan hasil yang baik bagi kelangsungan hidup mikroorganisme. Nilai optimum pH bagi kelangsungan hidup bakteri *Escherichia coli* berada di nilai 6,0-7,0 (Waluyo, 2005). Menurut Parihar *et al.* (2012), *dissolved oxygen* menjadi parameter penting yaitu terkait indeks proses fisik dan biologis pada perairan. Nilai DO pada perairan Pantai Marina dan Pantai Baruna telah sesuai dengan baku mutu wisata bahari, yaitu berada di angka  $>5$  mg/l. Menurut Herd (2001), suhu optimum yang mendukung kelangsungan hidup kelompok bakteri coliform berada pada angka  $12^{\circ}\text{C}$  -  $44^{\circ}\text{C}$ . Faktor salinitas mampu menjadi faktor pembatas bagi kehidupan bakteri coliform, dimana masih optimum hingga nilai 33 mg/l (Tururaja *et al.*, 2010). Ukuran butiran pasir pantai Pantai Marina dan Pantai Baruna yang masuk kedalam golongan pasir pantai halus (skala *Wenworth-Udden*). Ukuran pasir pantai halus memberikan karakteristik pasir pantai yang lebih padat, karena lebih sedikit terdapat ruang antar pasir pantai, sehingga memberikan kondisi habitat yang baik.

Aktivitas wisatawan yang tinggi di Pantai Marina dan Pantai Baruna berperan dalam meningkatnya eksistensi bakteri coliform. Cemaran Aktivitas wisatawan berupa kebiasaan membuang sampah sembarangan pada lokasi wisata pantai memberikan efek buruk pada lingkungan wisata pantai. Sampah dari wisatawan seperti sampah organik menjadi suplai nutrisi bagi bakteri coliform. Peranan alami pasir pantai sebagai filter alam raksasa dapat mengakumulasi sampah yang berasal dari perairan ke kawasan *swash zone* dan *dry beach*. Penelitian sebelumnya Lee *et al.* (2017), menunjukkan bahwa kepadatan coliform tertinggi berada dikawasan *swimming zone*. Koloni bakteri coliform dapat meliputi strain bakteri yang beragam, seperti *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Hafnia*, fecal coliform, dan *Escherichia*. Namun belum tersedianya baku mutu internasional maupun nasional untuk coliform dan *E. coli* pada media pasir pantai dapat menjadi pertimbangan, karena terbuktinya keberadaan coliform dan *E. coli* pada pasir pantai.

Letak Pantai Marina dan Pantai Baruna yang berdekatan dengan muara Sungai Banjir Kanal Barat menjadi dugaan terkait tingginya keberadaan bakteri coliform dan *E. coli* (Gambar 4.A). Dugaan tersebut dikarenakan Sungai Banjir Kanal Barat menjadi sungai utama di Kota Semarang yang mengalirkan segala limbah dan kotoran dari berbagai aktivitas manusia sampai ke laut. Pembuangan limbah peternakan kambing (organisme berdarah panas) pada bantaran muara Sungai BKB diduga menjadi sumber keberadaan coliform dan *E. coli* (Gambar 4.B). Hal ini terkait dengan keberadaan bakteri coliform dan *E. coli* yang berasal dari saluran pencernaan hewan berdarah panas. Sedangkan wisatawan pada Pantai Marina dan Pantai Baruna dapat menimbulkan potensi kontaminasi bakteri coliform dan *E. coli* (Gambar 4.C).

**Tabel 2.** Hasil pengukuran parameter lingkungan di ketiga lokasi

Parameter Lingkungan	Lokasi		
	Pantai Marina	Pantai Baruna	Muara Sungai BKB
Salinitas (mg/l)	25 - 27	20	0
pH	7,5 - 7,7	8,1 - 8,2	7,5 - 7,6
Suhu (°C)	30,2	31,0	30,2
DO (mg/l)	5,53	5,37	4,74



**Gambar 4.** Sumber pencemaran bakteri coliform dan *E. coli* pada wisata Pantai Marina dan Pantai Baruna (a, b), aktivitas wisatawan yang berpotensi terkontaminasi bakteri coliform dan *E. coli* (c)

Perilaku buruk terhadap menjaga kebersihan tubuh saat melakukan kegiatan pariwisata bahari memberikan peluang kontaminasi bakteri *E. coli*. Penelitian Fleisher *et al.* (2010), paparan air laut dikawasan wisata bahari menunjukkan adanya peningkatan penularan resiko penyakit gastrointestinal, infeksi kulit, dan infeksi pernafasan akut. Sedangkan penelitian Heaney *et al.* (2012), kontak pada pasir pantai yang terkontaminasi dapat memberikan efek kesehatan terhadap masyarakat hal ini menunjukkan adanya korelasi antara enterococcal dengan peningkatan penyakit saluran pencernaan.

## KESIMPULAN

Keberadaan bakteri coliform (total coliform) dan bakteri *Escherichia coli* di lokasi Wisata Pantai Marina dan Pantai Baruna telah melampaui baku mutu, yaitu di kawasan *swimming zone*. Hasil total coliform di Pantai Marina yaitu 2800 MPN/100 ml dan bakteri *E. coli* 400 MPN/100 ml. Hasil total coliform di Pantai Baruna yaitu 16000 MPN/100 ml dan bakteri *E. coli* 1700 MPN/100 ml. Pasir pantai menunjukkan keberadaan total coliform dan *E. coli* pada kawasan *dry beach* dan *swash zone*, namun tidak ada pedoman dalam mengontrol kualitas pasir pantai pada wisata pantai. Laporan secara rutin mengenai kualitas suatu wisata pantai dapat meminimalisir dampak kesehatan bagi wisatawan pantai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Askar, A.T., Agung, M.U.K., Adriani, Y., & Yuliadi, L.P. (2018). Kelimpahan Bakteri Coliform Pada Air Laut, Sedimen dan Foraminifera Jenis *Calcarina* Di Ekosistem Terumbu Karang Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 3(1), 36-41. doi: 10.24198/jaki.v3i1.23391
- Cui, H., Yang, K., Pagaling, E., & Yan, T. (2013). Spatial and temporal variation in enterococcal abundance and its relationship to the microbial community in Hawaii beach sand and water. *Application Environmental Microbiol*, 79(12), 3601–3609. doi: 10.1128/AEM.00135-13



- Dave, S.B., Shanu, M., Ernesto, O., Garvin, P., & Adash, R. (2010). Assessment of non-point sources of fecal pollution in coastal waters of Puerto Rico and Trinidad. *Marine Pollution Bulletin*, 30, 1-5. doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.04.020
- Fleisher, J.M., Fleming L.E., Solo-Gabriele H.M., Kish J.K., Sinigalliano C.D., Plano L., Elmir S.M., Wang J.D., Withum K., Shibata T., & Gidley M.L. (2010). The BEACHES Study: health effects and exposures from non-point source microbial contaminants in subtropical recreational marine waters. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 39(5), 1291–1298. doi: 10.1093/ije/dyq084
- Heaney, C.D., Sams, E., Dufour, A.P., Brenner, K.P., Haugland, R.A., Chern, E., Wing, S., Marshall, S., Love, D.C., Serre, M., Noble, R., & Wade, T.J. 2012. Fecal indicators in sand, sand contact, and risk of enteric illness among beachgoers. *Epidemiology*, 23(1), 95–106. doi: 10.1097%2FED E.0b013e31823b504c
- Herd, T. & Crowlker, J.S. (2001). Food security for nutritionists. I CD- SEAMEO-GT2-WHO.
- Kaper, B. James, Nataro, J.P., & Mobley, H.L.T. (2004). Pathogenic *Escherichia Coli*. *Nature Review*, 2, 123-140. doi: 10.1038/nrmicro818
- Karbasdehi, V.N., Dobaradaran, S., Nabipour, I., Ostovar, A., Arfaeina, H., Vazirizadeh, A., Mirahmadi, R., Keshtkar, M., Ghasemi, F.F., & Khalifei, F. 2017. Indicator bacteria community in seawater and coastal sediment: the Persian Gulf as a case, *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 15(6), 1-15. doi: 10.1186/s40201-017-0266-2
- Knechtges, P.L., (2011). *Food Savety Teory and Practice*. Jones & Bartlett, East Carolina University.
- Lee, J.L., Kim, I.H., Yeon, Y.J., & Lee, J., (2017). Monitoring and analysis of bacterial communities during a summer season on Gyeongpo Beach. *Journal of Coastal Research*, 79, 249-253. doi: 10.2112/SI79-051.1
- Mahi, A. (2016). Pengembangan Wilayah: Teori dan Aplikasi. Kencana, Jakarta.
- Parihar, S.S., Ajit, K., Ajay, K., Gupta, R.N., Manoj, P., Archana, S., & Pandey, A.C. (2012). Physico-chemical and Microbiological analysis of underground water in and around Gwalior city, MP, India. *Research Journal of Recent Sciences*, 1(6), 62-65,
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Sabino, R., Rodrigues, R., Costa, I., Carneiro, C., Cunha, M., Duarte, A., & Brandão, J. (2014). Routine screening of harmful microorganisms in beach sands: Implications to public health, *Science of The Total Environment*, 472, 1062–1069. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.091
- Safitri, J.A., Khairuddin, K., & Rasmi, D.A.C, (2020). Analysis of Coliform Bacteria As A Water Pollution Indicator In Unus River. *Proceeding International Conference on Science*, 1(1), 173-182.
- Skorzewski, P., Mudryk, Z., Gackowska, J., & Perlinski, P. (2012). Abundance and distribution of fecal indicator bacteria in recreational beach sand in the southern Baltic Sea. *Journal Biologia Marina y Oceanografia*, 47(3), 503-512. doi: 10.4067/S0718-19572012000300012
- Suprpto, D., Pudjiono, W.P., & Sulardiono, B. (2014). Analisis Kesuburan Perairan Berdasarkan Hubungan Fisika Kimia Sedimen Dasar dengan NO<sub>3</sub>-N dan PO<sub>4</sub>-P di Muara Sungai Tuntang Demak. *Jurnal Saintek Perikanan*, 10(1), 56-61
- Tapotubun, A. M., Savitri, I.K., & Matrutty, T.E.A.A. (2016). Penghambatan Bakteri Patogen pada Ikan Segar yang diaplikasi *Caulerpa lentillifera*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3), 299-308. doi: 10.17844/jphpi.2016.19.3.299.
- Trisna, Y. (2018). Water Quality and Public Health Complaints Around the Watoetoelis Sugar Mill, *Journal of Environmental Health*, 10(2), 220-230. doi: 10.20473/jkl.v10i2.2018.241-251
- Tururaja, T., & Mogeia, R. (2010). Bakteri Koliform di Perairan Teluk Doreri, Manokwari Aspek Pencemaran Laut dan Identifikasi Spesies, *Jurnal Ilmu Kelautan Universitas Negeri Papua*. 1(15), 47- 52. doi: 10.14710/ik.ijms.15.1.47-52
- Wade, T.J., Sams, E., Brenner, K.P., Haugland, R., Chern, E., Beach, M., Wymer, L., Rankin, C.C., Love, D., Li, Q., Noble, R., & Dufour, A.P. (2010). Rapidly measured indicators of recreational water quality and swimming-associated illness at marine beaches: a prospective cohort study, *Environmental Health*, 9;p 66. doi: 10.1186/1476-069X-9-66

Waluyo, L. (2005). *Mikrobiologi Umum*. UMM Press, Malang.

Widyaningsih, W., Supriharyono, & Widyorini, N. (2016). Analisis Total Bakteri Coliform di Perairan Muara Kali Wisu Jepara, *Diponegoro Journal of Maquares*, 5(3), 157-164. doi: 10.14710/marj.v5i3.14403.

Zhang, Q., He, X., & Yan, T. (2015). Differential Decay of Wastewater Bacteria and Change of Microbial Communities in Beach Sand and Seawater Microcosms. *Environmental Science and Technology*, 49(14), 8531-8540. doi: 10.1021/acs.est.5b01879