

Analisis Bakteriologi Beberapa Situ di Kawasan Cibinong Science Center - Botanical Garden Cibinong, Indonesia.

Irma Melati* dan Taofik Jasalesmana

Pusat Penelitian Limnologi LIPI

Jl. Prof. Dr. D.A. Tisna Amidjaja, Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16911

**Email: irma@limnologi.lipi.go.id*

Abstrak

Situ merupakan genangan air yang terbentuk secara alamiah ataupun buatan yang berfungsi baik secara ekologi maupun sosial-ekonomi-budaya. Salah satu fungsi sosial-ekonomi-budaya situ adalah sumber cadangan air untuk keperluan manusia dan rekreasi. Begitu pun dengan Situ Cibuntu, Situ Dora dan Situ Lotus yang berada di kawasan CSC-BG mempunyai fungsi sebagai cadangan air, sumber air untuk pertanian dan tempat rekreasi. Oleh karena itu penelitian tentang kondisi bakteriologis di ketiga situ tersebut perlu dilakukan sebagai upaya pengawasan terhadap kualitas air situ. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi bakteriologis di beberapa situ kawasan CSC-BG. Penelitian dilakukan di bulan Januari 2019 dengan titik pengambilan sampel di inlet dan outlet Situ Cibuntu, Situ Dora dan Situ Lotus. Parameter yang digunakan adalah kepadatan bakteri heterotrofik, *Escherichia coli* (*E.coli*) dan total bakteri *coliform*. Analisa bakteri heterotrofik menggunakan metode *Spread plate* dan dilusi sedangkan *E.coli* dan total bakteri *coliform* menggunakan metode filtrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan bakteri heterotrofik di beberapa situ di kawasan CSC- BG yaitu berkisar antara $25-249 \times 10^2$ CFU/mL, kepadatan tertinggi diperoleh di Situ Dora. Kepadatan *E.coli*, dan total bakteri *coliform* berturut-turut berkisar antara 0- 1540 CFU/100 mL, dan 1630-5540 CFU/100 mL dengan kepadatan tertinggi diperoleh di Situ Lotus. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa beberapa situ di kawasan CSC- BG tidak layak digunakan sebagai sumber bahan baku air domestik (higiene sanitasi) dan kolam renang tetapi masih layak digunakan sebagai sumber air untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, dan pertanian.

Kata kunci: Situ, CSC-BG, bakteri heterotrofik, *E.coli*, total bakteri *coliform*.

Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia dan makhluk lainnya. Ketersediaan air menjadi salah satu faktor kunci untuk pertumbuhan ekonomi, pengembangan sosial dan keberlanjutan ekosistem. Upaya mencegah diskontinuitas sumber daya air wajib dilakukan salah satunya dengan memanfaatkan fungsi situ sebagai cadangan air. Istilah situ digunakan untuk menggambarkan perairan tergenang dengan ukuran relatif kecil. Pada umumnya situ terbentuk secara

buatan yang bertujuan untuk berbagai kepentingan seperti resapan air sekaligus menjadi cadangan sumber air, sarana rekreasi dan laboratorium alam. Fungsi situ sebagai resapan air berguna untuk menjaga kelangsungan penyediaan air pada waktu kemarau serta sebagai area penampungan air pada waktu hujan sehingga dapat mencegah banjir.

Situ Cibuntu, Situ Dora dan Situ Lotus merupakan situ-situ yang terletak di kawasan CSC-BG LIPI. Situ Cibuntu dilaporkan banyak menerima masukan bahan organik dari daerah sekelilingnya yang memicu peningkatan populasi bakteri heterotrof (Kurnia et al., 2016; Badjoeri & Zarkasyi, 2010). Secara umum, Situ Cibuntu, Situ Dora dan Situ Lotus mempunyai beberapa fungsi diantaranya sumber irigasi untuk pertanian sekitar, laboratorium alam dan tempat rekreasi. Bahkan Situ Cibuntu diproyeksikan oleh Pusat Penelitian (Puslit) Limnologi untuk digunakan sebagai sumber air baku pada Instalasi Pengolahan Air Bersih (IPAL) untuk memenuhi kebutuhan air bersih di lingkungan Puslit Limnologi LIPI.

Beberapa situ di Jabodetabek dilaporkan telah tercemar secara bakteriologis. Situ Babakan, Ulin Salam, dan Agathis tergolong perairan tawar yang tercemar sedang, serta danau Sunter dan danau Lido tergolong perairan yang tercemar berat (Prihantini, et al. 2008). Situ Cibuntu dikategorikan mempunyai kualitas lingkungan yang sedang (Kusmaningrum, 2018). Pengaruh polusi sungai atau danau terhadap kesehatan manusia tergantung pada penggunaan air tersebut dan konsentrasi dari patogen itu sendiri (Abraham et al. 2007). Penelitian yang melaporkan kondisi bakteriologis Situ Cibuntu, Situ Dora dan Situ Lotu masih sangat terbatas. Mengingat hal tersebut di atas diperlukan penelitian tentang kualitas air ketiga situ tersebut khususnya aspek bakteriologisnya.

Aspek bakteriologis yang bisa digunakan untuk pengukuran kualitas suatu perairan diantaranya yaitu bakteri *Escherichia coli* (*E.coli*), *fecal coliform* (FC), *total coliform* (TC) dan bakteri heterotrofik. Bakteri *coliform* merupakan indikator kontaminasi lingkungan atau sanitasi yang kurang baik karena mengindikasikan adanya kontaminasi tinja dari manusia dan hewan berdarah panas (Tururaja & Moge, 2010). Kelompok bakteri coliform

merupakan mikroorganisme indikator yang paling umum dan biasanya diukur dan dinyatakan sebagai TC dan FC (Stefanalis & Akratos, 2016). Total *coliforms* merupakan grup bakteri yang umum ditemukan di lingkungan, mencakup berbagai jenis bakteri lain dari keluarga *Enterobacteriaceae* yang menunjukkan adanya kontaminasi dari kotoran manusia dan hewan. Kelompok TC mencakup banyak FC yang berbeda dengan genera yang paling umum adalah *E. coli*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, dan *Klebsiella* (Dufour *et al.*, 2003). *E.coli* adalah satu-satunya kelompok dari TC yang ditemukan dalam saluran pencernaan (*intestines*) mamalia termasuk manusia (Metcafe & Eddy dalam Divya & Solomon, 2016).

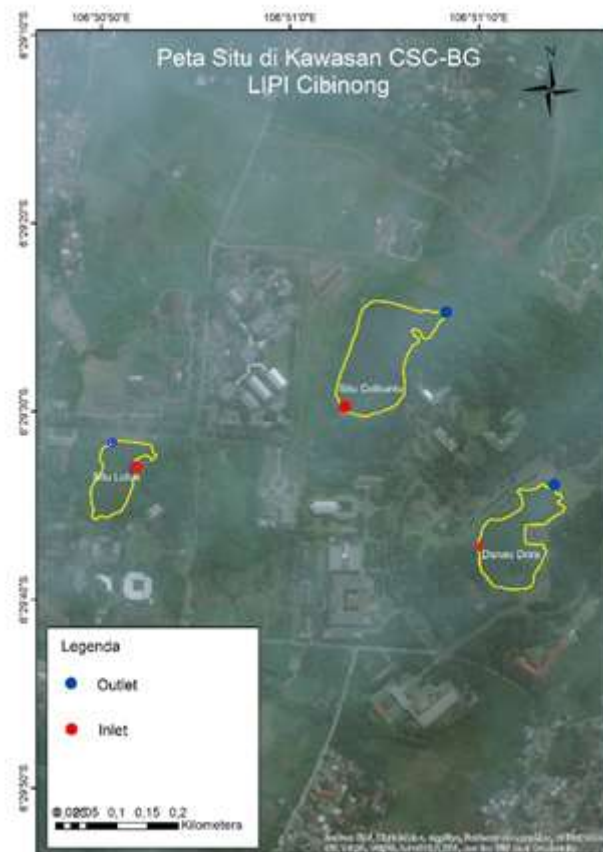
Bakteri heterotrofik merupakan mikroorganisme yang dalam ekosistem berfungsi menghancurkan bahan-bahan organik pencemar dalam air (Achmad, 2004). Namun demikian keberadaan bakteri ini bisa menandakan kehadiran bakteri patogen seperti *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, dan *Helicobacter* yang bisa menyebabkan gangguan pada kesehatan manusia tetapi belum ditemukan adanya korelasi antara keberadaan bakteri heterotrofik dengan kesehatan manusia. Saat ini bakteri heterotrofik dipertimbangkan sebagai indikator pelengkap dalam penilaian sistem pendistribusian air dan kinerja proses desinfeksi air (Chowdhury, 2012). Informasi mengenai kondisi bakteriologis di Situ-situ sekitar kawasan CSC-BG masih terbatas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi bakteriologis situ-situ kawasan CSC- BG (Situ Cibuntu, Situ Dora dan Situ Lotus).

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di situ Cibuntu, Situ Dora dan Situ Lotus yang terletak di sekitar CSC BG. Situ Cibuntu mempunyai luas area 15.026 m² dan kedalaman rata-rata 0,85 m (Kurnia, 2016). Sumber air Situ Cibuntu berasal dari Kali Baru yang alirannya bercabang di daerah Kandang Roda kemudian melewati Kampung Sampora (Meutia, 2000). Sumber air di Situ Dora berasal dari mata air dan Situ Lotus berasal dari aliran sungai yang mengalir sepanjang jalan akses menuju Pusat Penelitian Bioteknologi. Penelitian dilakukan pada bulan Januari

2019. Pengujian Mikrobiologi dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pusat Penelitian Limnologi LIPI. Sebagai tambahan dilakukan pengukuran pH secara in situ menggunakan Water Quality Checker (WQC).

Pengambilan sampel dilaksanakan secara *purposive sampling*. Sampel air sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam botol steril lalu diletakkan dalam *cool box* untuk dibawa ke laboratorium. Analisa bakteri heterotrofik menggunakan metode *Spread plate* dan *dilusi*. Analisa bakteri *E.coli* dan total *coliform* dilakukan dengan metode Filtrasi (EPA, 1986). Contoh air diambil sebanyak 10-15 mL disaring dengan menggunakan filter selulosa nitrat (porositas 0,45 μm dan diameter 47 mm). Membran filter kemudian diletakkan dalam cawan petri berupa *compact dry* yang berisi media ChromoCult® Coliform Agar ES (PT. Merck tbk.) dan diinkubasikan dalam inkubator dengan suhu 35°C selama 24 jam. Koloni yang tumbuh berwarna biru gelap-violet menunjukkan bahwa koloni tersebut adalah *E.coli* yang merupakan sub kelompok dari kelompok bakteri *fecal coliform*. Sedangkan koloni yang berwarna *salmon-red* menunjukkan bahwa koloni tersebut merupakan bakteri *coliform* lainnya. Dengan demikian jumlah bakteri total *coliform* diketahui dengan menjumlahkan koloni yang berwarna biru gelap-violet dan *salmon-red*. Kedua jenis koloni bakteri tersebut dihitung dan dikonversikan ke dalam konsentrasi unit pembentukan koloni CFU (*colony forming unit*) per 100 mL.



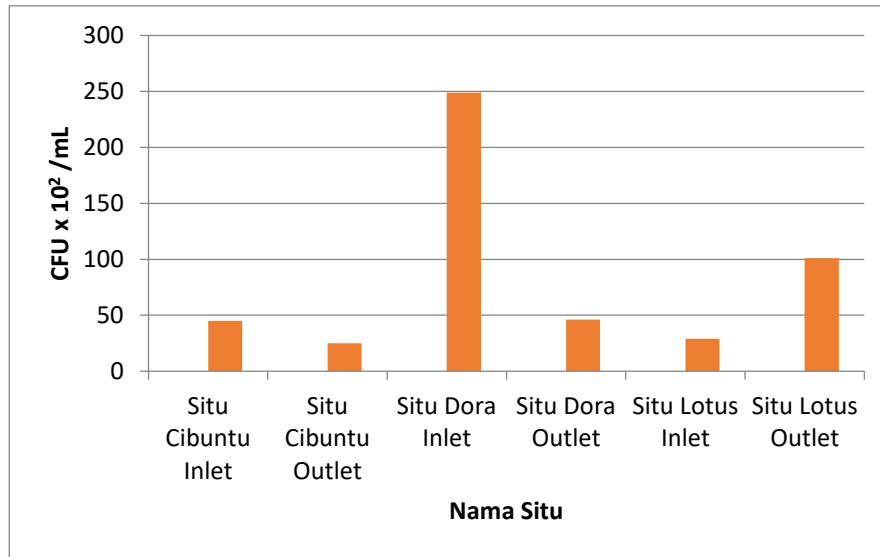
Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel di tiga situ di kawasan CSC-BG LIPI Cibinong.

Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Analisis Kepadatan Bakteri Heterotrofik

Kelimpahan bakteri heterotrofik di Situ Cibuntu, Dora dan Lotus berkisar antara $25-249 \times 10^2$ CFU/mL. Kelimpahan tertinggi diperoleh di inlet Situ Dora dan terendah di outlet Situ Cibuntu (Gambar 2).

Bakteri heterotrofik mempunyai kemampuan sebagai dekomposer senyawa organik sehingga keberadaan bakteri ini bisa digunakan sebagai penanda kesuburan suatu perairan (Sutikno & Ruyitno, 2008). Hal serupa diungkapkan oleh Parwanoyi (2008) dan Achmad (2004) yang menyatakan bahwa bakteri heterotrofik bisa menghasilkan enzim ekstraseluler yang mendegradasi senyawa organik kompleks pencemar dalam suatu perairan.



Gambar 2. Kepadatan bakteri heterotrofik di Situ Sekitar CSC-BG

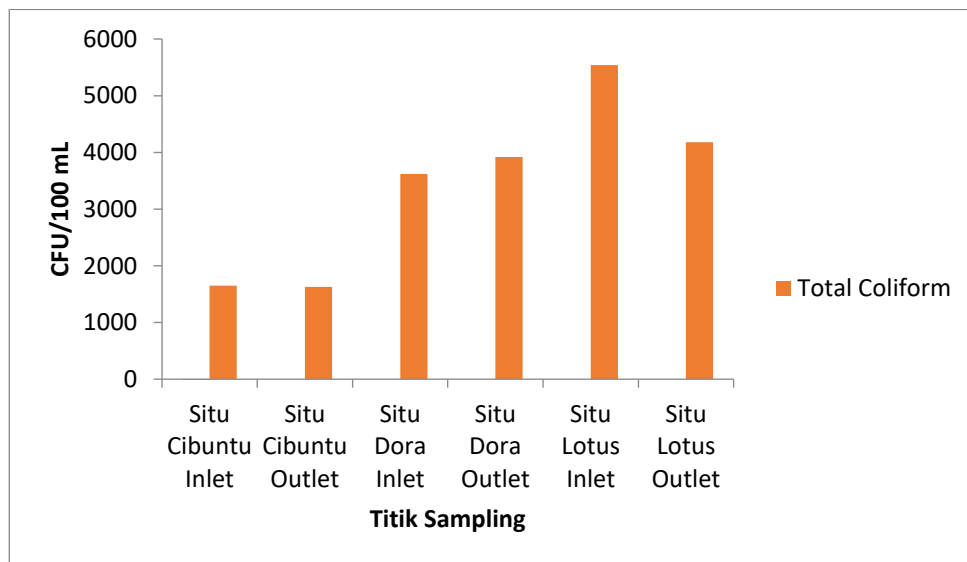
Bakteri heterotrofik merupakan semua bakteri yang bisa menggunakan bahan organik untuk pertumbuhannya. Kelompok bakteri ini secara umum ditemukan pada berbagai tipe air, makanan, tanah, vegetasi, bahkan udara (Allen *et al.*, 2004). Meskipun kelompok bakteri ini bukan merupakan indikator keberadaan patogen seperti halnya bakteri *E.coli* tetapi beberapa dari anggota bakteri ini seperti contohnya *Pseudomonas* bersifat oportunistik dan dapat menyebabkan beberapa infeksi pada kulit dan ginjal bahkan untuk beberapa spesies *Aeromonas* bisa menyebabkan infeksi pada lambung dan usus (Bartram *et al.* 2003, Helmer *et al.* 1997, Chopra *et al.* 1999). Camper, 2004; Regan *et al.*, 2003; Beech and Sunner, 2004; dan Emtiazi *et al.*, 2004 dalam Chowdhury (2012) mendapatkan bahwa bahwa bakteri heterotrofik bisa menandakan kehadiran bakteri patogen seperti *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, dan *Helicobacter* yang bisa menyebabkan gangguan pada kesehatan manusia. Walau demikian Chowdhury (2012) dalam reviewnya menyatakan bahwa sejumlah penelitian belum menemukan adanya korelasi antara keberadaan bakteri heterotrofik dengan kesehatan manusia.

Saat ini bakteri heterotrofik dipertimbangkan sebagai indikator pelengkap dalam penilaian sistem pendistribusian air dan kinerja proses desinfeksi air (Chowdhury, 2012). Jumlah bakteri heterotrofik yang diijinkan pada sistem pendistribusian air adalah 500 CFU/mL (Dobaradaran *et al.* 2006). Kehadiran

bakteri heterotrofik pada sistem pengolahan air bisa menurunkan kualitas estetik air minum (masalah rasa dan warna, dan turbiditas), *clooging* pada filter, *bio-fouling* dan biokorosi (O'Connor & Banerji, 1984; Geldreich *et al.*, 1985; Allen *et al.*, 2004; Sartory, 2004). Hasil penelitian Chowdhury (2012) memperlihatkan bahwa bakteri heterotrofik mempunyai kemampuan membentuk biofilm yang bisa menjadi *shelter* untuk bakteri patogen dan menyebabkan bakteri patogen terlindung dari desinfektan yang diberikan. Meskipun demikian di Indonesia sendiri regulasi atau standar jumlah bakteri heterotrofik dalam sistem pengolahan air minum belum ditentukan. Peraturan yang ada saat ini hanya terbatas pada pembatasan jumlah bakteri heterotrofik untuk standar baku air untuk kolam renang yaitu maksimal sebanyak 100 CFU/ 100 mL (Permenkes No. 32, tahun 2017).

B. Hasil Analisis Total *Coliform* (TC) .

Gambar 3 menunjukkan distribusi TC dari tiga situ kawasan CSC-BG yaitu Situ Cibuntu, Situ Dora dan Situ Lotus. Kepadatan bakteri TC tertinggi ditemukan di Situ Lotus dan terendah di Situ Cibuntu dengan kisaran kepadatan antara 1630-5540 CFU/100 mL.

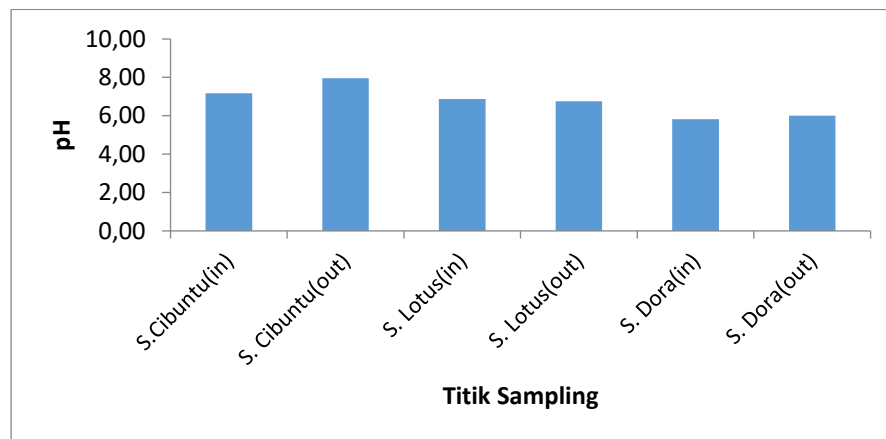


Gambar 3. Kepadatan bakteri TC di Beberapa Situ Kawasan CSC-BG.

Gambar 2 juga menunjukkan bahwa di Situ Cibuntu dan Lotus, kepadatan bakteri TC di inlet lebih besar dibandingkan di outlet. Hal yang berbeda untuk Situ Dora dimana kepadatan bakteri TC di inlet lebih sedikit dibandingkan di outlet.

Perbedaan kepadatan bakteri TC pada ketiga situ ini baik di inlet ataupun outlet diduga karena dipengaruhi oleh nilai pH perairan tersebut.

Neger & Manjit (2002), menyatakan bahwa faktor pembatas untuk pertumbuhan bakteri *coliform* adalah pH. Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa kisaran pH (inlet-outlet) untuk Situ Cibuntu, Lotus dan Dora berturut-turut sebesar 7,17-7,96; 6,88-6,75 dan 5,83-6,01. Kisaran pH tersebut masing memungkinkan *coliform* untuk bisa bertahan hidup. Seperti yang dijelaskan McFeters & Stuart (1972) bahwa bakteri *coliform* hanya bisa bertahan hidup pada kisaran pH 5,5-7,5. Semakin tinggi pH maka kepadatan bakteri *coliform* semakin menurun. Situ Cibuntu yang mempunyai pH rata-rata di atas 7 mempunyai kepadatan bakteri *coliform* lebih rendah dibandingkan dua situ lainnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Solic & Krstulovic (1992) bahwa pada kondisi lingkungan yang basa ($\text{pH} > 7$) terjadi penurunan pertumbuhan *fecal coliform* sekitar 30% utk setiap kenaikan pH. Hasil studi ini sama dengan hasil studi yang ditemukan Melati (2017) dimana kepadatan bakteri *E.coli* dan total *coliform* di Kolong Belitung menurun dengan kondisi $\text{pH} > 7$ dan $\text{pH} < 5$.



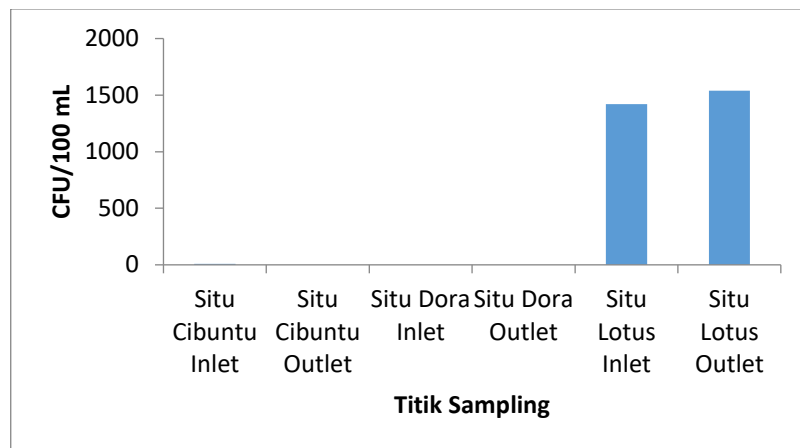
Gambar 4. Nilai pH air di Situ Sekitar CSC-BG

Kepadatan TC yang tinggi tercatat di seluruh lokasi penelitian kemungkinan sebagian besar disebabkan oleh terkontaminasinya ketiga situ oleh limbah domestik yang berasal dari inlet masing-masing dan aktivitas yang dilakukan di sekitar situ tersebut. Tingginya TC di suatu perairan bisa disebabkan endapan organik yang sebagian besar berasal dari pembuangan kotoran manusia dan hewan serta

tingginya bahan padat tersuspensi dari kegiatan di sekitar perairan seperti mencuci pakaian, mobil dan mandi (Madema *et al.* 2003).

C. Hasil Analisis Bakteri *E.Coli*

Distribusi kepadatan bakteri *E.coli* di Situ Cibuntu, Dora dan Lotus sangat bervariasi (Gambar 4). Tidak ditemukan adanya bakteri *E.coli* di Situ Dora baik di inlet ataupun outlet. Sedikit berbeda untuk Situ Cibuntu dimana di inlet ditemukan *E.coli* sebanyak 10 CFU/100 mL tetapi tidak ditemukan di wilayah outlet. Kondisi yang sangat jauh berbeda ditemukan di Situ Lotus dimana ditemukan kepadatan *E.coli* yang sangat tinggi baik di inlet ataupun di outlet dengan kepadatan berturut-turut sebesar 1420 CFU/mL dan 1540 CFU/mL.



Gambar 5. Kepadatan *E.coli* di Situ Sekitar CSC-BG.

Tidak ditemukan *E.coli* di Situ Dora dan outlet Situ Cibuntu diduga karena adanya pengaruh pH. Berdasarkan pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai pH di Situ Dora baik inlet ataupun outlet sebesar < 6 , sedangkan nilai pH di outlet Situ Cibuntu sebesar > 7 . Nilai pH optimum untuk fecal coliform untuk dapat bertahan hidup adalah pada 6 dan 7, sedangkan dibawah dan diatas nilai tersebut terjadi penurunan untuk kepadatan fecal coliform yaitu 40% untuk kondisi asam dan 30% untuk kondisi basa (Solic & Krstulovic, 1992). Tingginya kepadatan *E.coli* di Situ Lotus menandakan sudah tercemarnya situ tersebut oleh kotoran manusia atau hewan berdarah panas. Hal ini dapat disebabkan Situ Lotus memiliki inlet berupa aliran sungai besar yang diduga membawa limbah rumah tangga, yaitu salah satunya buangan kotoran manusia dan hewan. Kehadiran *E.coli* yang sangat tinggi di Situ Lotus sangat mengkhawatirkan karena *E.coli* diketahui sebagai bakteri

indikator perairan dimana kehadirannya menandakan adanya patogen yang lain. Seperti yang diungkapkan oleh (Divya & Solomon, 2016)., kehadiran bakteri *E.coli* dapat menunjukkan kemungkinan kehadiran penyakit yang disebabkan patogen seperti bakteri, virus atau parasit. Meskipun menurut beberapa studi menunjukan korelasi yang rendah antara kehadiran bakteri indikator dan beberapa jenis bakteri patogen (Bitton, 2005).

Berdasarkan Pemenkes No. 32 (2017), kelayakan perairan agar bisa digunakan sebagai sumber air domestik (keperluan higiene sanitasi) adalah tidak ditemukannya bakteri *E. coli* (0 CFU/100 mL) dalam perairan tersebut dan jumlah TC tidak lebih dari 50 CFU/100 mL. Dari data diatas dapat dilihat ketiga situ dikawasan CSC-BG (Situ Cibuntu, Situ Dora, dan Situ Lotus) tidak aman dijadikan sebagai sumber bahan baku air untuk keperluan hygiene sanitasi jika tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Meskipun demikian berdasarkan PP No.82 tahun 2001, ketiga situ tersebut masih layak dimanfaatkan sebagai air untuk budidaya perikanan air tawar, irigasi dan pertanian.

Pemanfaatan Situ Cibuntu, Situ Dora dan Situ Lotus sebagai sumber bahan baku air untuk hygiene sanitasi ataupun air minum masih dimungkinkan dengan melakukan tahapam pengolahan terlebih dahulu. Salah satu teknologi yang bisa dipakai adalah *constructed wetland* (CWs). Telah banyak penelitian yang melaporkan kemampuan CWs dalam pengolahan berbagai jenis air limbah atau tercemar khususnya dalam mengurangi kepadatan bakteri patogen seperti *fecal coliform*, *total coliform*, *Cryptosporidium*, *Giardia* dan lainnya (Green et al., 1997; Gerba et., 1999; Neralla et al., 2000; Vymazal, 2005, Garcia et al., 2008) bahkan dalam menghilangkan parasit seperti *Ascaris suum*, *Toxacara vitullorum* dan *Hymenolepis diminuta* (Stott et al., 1999).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa beberapa situ dikawasan CSC-BG (Situ Cibuntu, Situ Dora dan Situ Lotus) memiliki kepadatan bakteri *coliform* dan *Total Coliform* yang melebihi batas yang ditentukan untuk air konsumsi, oleh karena itu tidak layak digunakan sebagai sumber air domestik (kepentingan higiene sanitasi) dan bahan baku air kolam renang. Dengan demikian

pemanfaatan air di ketiga situ tersebut untuk keperluan sumber air domestik (keperluan higiene sanitasi) dan rekreasional memerlukan pengolahan pendahuluan salah satunya dengan teknologi CWs.

Referensi

- Allen, M. J., Edberg, C. S., & Reasoner, D. J. 2004. Heterotrophic plate count bacteria—What is their significance in drinking water? *International Journal of Food Microbiology*, 92, 265–274.
- Abraham WR, Macedo AJ, Gomes LH and Tavares FCA (2007) Occurrence and resistance of pathogenic bacteria along the Tietê River downstream of São Paulo in Brazil. *Clean* 35 (4): 339–347
- Achmad, R. 2004. *Kimia Lingkungan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Badjoeri, M., & Zarkasyi, H. (2010). Isolasi dan seleksi bakteri bioremoval logam berat merkuri. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi V*, 543-556
- Bartram J, Cotruvo J, Exner M, Fricker C, Glasmacher A (2003). Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health, Ed, IWA Publishing, pp.:7-16.
- Bitton, Gabriel. (2005): *Microbial Indicators of Fecal Contamination: Application to Microbial Source Tracking*. Department of Environmental Engineering Sciences University of Florida.
- Chopra AK, Houston CW. Enterotoxins in *Aeromonas*-associated gastroenteritis. *Microbs Infect*. 1999;1(13).pp:1129-1137.
- Chowdhury, S. 2012. Heterotrophic bacteria in drinking water distribution system: a review. *Environ. Monit Asses Journal*. 184: 6087-6137
- Divya, AH & Solomon P.A. 2016. Effects of some water quality parameters especially total coliform and fecal coliform in surface water of Chalakudy river. *Procedia Technoogy*. 24 : 631-638.
- Dobaradaran S, Bina B, Isfahani BN (2006). The Effect of Some Physical and Chemical Parameters on Regrowth of *Aeromonas* Bacterium and Heterotrophic Bacteria in Isfahan Drinking Water System. *Water& Wastwater*.pp:2-3.
- Dufour A, Snozzi M, Koster W, Bartram J, Ronchi E, Fewtrell L. 2003. Assessing microbial safety of drinking water: improving approaches and methods. WHO drinking water quality series, OECD—WHO, Paris, France. IWA Publishing, London .
- Environment Protection Agency (EPA). 1986. Quality criteria for water. US Government Office of Water Regulations and Standards. Washington D.C. 42-52pp
- Goldman, CR and AJ. Horne. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill., Inc.
- Garcia, M, Félix S., Juan M. G., Eloy B. 2008. A comparison of bacterial removal efficiencies in constructed wetlands and algae-based systems. *ecological engineering* 3 2: 238–243.
- Geldreich, E. E., Taylor, R. H., Blannon, J. C., & Reasoner, D. J. 1985. Bacterial colonization of point-of-use water treatment devices. *Journal of American Water Works Association*, 77, 72–80.

- Gerba CP, Thurston JA, Falabi JA, Watt PM, Karpiscak MM .1999. Optimization of artificial wetland design for the removal of indicator microorganisms and pathogenic protozoa. *Water Sci Technol* 40:363–368
- Green MB, Griffin P, Seabridge JK, Dhoibie D. 1997. Removal of bacteria in subsurface flow wetlands. *Water Sci Technol* 35(5):109–116
- Helmer R, Hespanhol I, Supply W, Council SC, Organization WH, Press C (1997). *Water pollution control: a guide to the use of water quality management principles*. ed. E & FN Spon London, pp.:400-402.
- Kurnia K., N.H Sadi, S. Jumianto. 2016. isolasi bakteri heterotrof di Situ Cibuntu, Jawa Barat dan karakterisasi resistensi asam dan logam. *AL-KAUNIYAH; Journal of Biology*, 9(2): 74-79.
- Kusumaningrum N. 2018. Pengelolaan lanskap situ front city dengan pendekatan kualitas lingkungan berdasarkan persepsi masyarakat di Kecamatan Cibinong. Skripsi. Departemen Arsitektur Lanskap. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- McFeters, G A & Stuart, D.G. 1972. Survival of coliform bacteria in natural waters. Field and laboratory studies with membrane filter chambers *Appl Environ Microbiol* 24:805-811.
- Medema, G.J., Hoogenboezem, W., Van der Veer, A.J., Ketelaars, H.A.M., Hijnen, W.A.M., Nobel, P.J., 2003. Quantitative risk assessment of *Cryptosporidium* in surface water treatment. *Water Sci. Technol.* 47, 241–247
- Melati, I., Cynthia H. 2017. Kondisi beberapa danau bekas tambang (kolong) di Belitung Provinsi Bangka Belitung. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Masyarakat Limnologi Indonesia*. Hal.44- 48
- Meutia, A. 2000. Karakteristik Kandungan Nutrien di Perairan Situ Cibuntu. Hal: 497-502 in Yoga, G.P., H. Wibowo, M. Fakhruddin, T. Partomihardjo, Y. Suryasari, D. Astuti, H. Julistiono, D. Agustiyani, T. Chrismadha, dan S. Sunanisari (Eds). *Laporan Teknik. Proyek Pengembangan dan Pendayagunaan Biota Air*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi LIPI.
- Neger, Manjit K. 2002. Literature Review on the Survival of Fecal Coliform in Fresh and Saline Waters, and Sediments. Lummi Indian Business Council, Funded By: Environment Protection Agency (Agreement No. GA-97020501-0).
- Neralla, S., Weaver, R.W., Lesikar, B.J., Persyn, R.A. 2000. Improvement of domestic wastewater quality by subsurface flow constructed wetlands, *Bioresour Technol*. 75: 19-25
- O'Connor, J. T., & Banerji, S. 1984. Biologically mediated corrosion and water quality deterioration in distribution systems. EPA/600/2-84/056, US Environmental Protection Agency, Washington.
- Permenkes RI. No.32. 2017. Standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan hygiene sanitasi, kolam renang, Solus per aqua dan pemandian umum.
- Parwanayoni, S. 2008. Pergantian populasi bakteri heterotrofik alga dan protozoa di Lagoon BTDC Penanganan Limbah Nusa dua Bali. *Jurna Bumi Lestari*. (8): 180-185.
- Prihantini N.B., W. Wardhana, D. Hendrayanti, A. Widyawan, Y. Ariyani, dan R. Rianto. 2008. Biodiversitas Cyanobacteria dari beberapa situ atau danau di

- kawasan Jakarta-Depok-Bogor, Indonesia. *J. Makara, Sains*. Vol 12 No 1. 44-54.
- Radar Bogor. 2019. Darurat kekeringan, 17 warga Leuwikutug Citeureup butuh air bersih. <https://www.radarbogor.id/2019/09/04/darurat-kekeringan-17-ribu-warga-leuwikutug-citeureup-butuh-air-bersih/>. Diakses tanggal 28 September 2019
- Sartory, D. P. 2004. Heterotrophic plate count monitoring of treated drinking water in the UK: A useful operational tool. *International Journal of Food Microbiology*, 92,297–306.
- Sutiknowati, L.I, dan Ruyitno. 2008. Studi bakteriologis dan peruntukkannya terhadap budidaya pada perairan teluk klabat, kepulauan provinsi Bangka
- Solic. M.& Krstulovic. 1992. Separate and Combined Effects of Solar Radiation, Temperature, Salinity, and pH on the Survival of Faecal Coliforms in Seawater. *Marine Pollutant Bulletin* 24 (8): 411-416.
- Stefanakis, Alexandros & Akrotos, Christos. 2016. Removal of Pathogenic Bacteria in Constructed Wetlands: Mechanisms and Efficiency. 10.1007/978-3-319-41811-7_17.
- Stott, R., Jenkins, T., Bahgat, M., Shalaby, I. (1999) Capacity of constructed wetlands to remove parasite eggs from wastewaters in Egypt. *Water Science and Technology*. 40, 117-123
- Tururaja, T & R. Moge. 2010. Bakteri coliform di Perairan Teluk Doreri, manokwari Aspek Pencemaran Laut dan Identifikasi Spesies. *J. Ilmu Kelautan*. Vol.15 (1): 47-52.
- Vymazal, J. 2005. Removal of enteric bacteria in constructed treatment wetlands with emergent macrophytes: A review. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*. 40:6-7, 1355-1367.