

Kandungan Koprostanol dan Bakteri Coliform Pada Lingkungan Perairan Sungai, Muara, dan Pantai di Banjir Kanal Timur, Semarang Pada Monsun Timur

Tri Yuni Atmojo*^{1,2}; Tonny Bachtiar^{1,2,3}; Ocky Karna Radjasa^{2,3}; Agus Sabdono^{2,3}

1) Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang, 50238

2) Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang, 50275

3) Pusat Studi Pesisir dan Laut Tropis, Universitas Diponegoro, Semarang, 50275

* Koresponden : Bappedal Propinsi Jawa Tengah, Jl. Setiabudi Komplek Diklat Propinsi Jawa Tengah (kode pos 50263), Srandol, Semarang, Tlp./Fax : 024.7478813 e-mail : atmojost@yahoo.com

Abstrak

Limbah domestik merupakan salah satu sumber utama pencemaran di perairan pantai pada negara yang sedang berkembang yang masih kurang mendapatkan perhatian serius bila dibandingkan dengan pencemaran oleh industri. Namun dengan terus meningkatnya aktivitas manusia di wilayah pesisir dan kesadaran akan pentingnya lingkungan bersih bagi kesehatan, estetika dan alasan ekologis lainnya, deteksi tentang kontaminasi limbah menjadi penting untuk diketahui secara lebih baik. Selama ini indikator kontaminasi limbah domestik ditentukan berdasarkan jumlah mikroorganisme intestinal khususnya kelompok bakteri coliform. Koprostanol diusulkan sebagai alternatif indikator limbah domestik, sehingga diperlukan kajian eksistensi koprostanol untuk persyaratan kelayakannya sebagai indikator, serta bakteri coliform sebagai pembanding. Penelitian dilakukan pada bulan Juli-Agustus 2003 pada lingkungan sungai, muara dan pantai di sungai Banjir Kanal Timur di Semarang. Analisa coliform dari sampel air dan sedimen dilakukan di laboratorium Mikrobiogenetika, FMIPA UNDIP Semarang dan analisa konsentrasi koprostanol dilakukan di laboratorium Kimia dan Fisika Pusat (LAKFIP) UGM Yogyakarta. Hasil menunjukkan bahwa koprostanol dapat terdeteksi pada sedimen dan tidak terdeteksi pada kolom air. Eksistensi koprostanol didapatkan nilai tertinggi pada lingkungan perairan sungai (14,9 µg/g) dibandingkan muara (1,04 µg/g), dan pantai (5,25 µg/g). Bakteri total coliform terdeteksi pada kolom air maupun sedimen pada lingkungan perairan sungai (2,80 x 10⁴ sel/100 ml), muara (0,4 x 10⁴ sel/100 ml), dan pantai (0 - 0,4 x 10⁴) sel/100 ml, sementara fecal coliform terdeteksi di lingkungan perairan sungai (2 x 10⁴ - 2,8 x 10⁴) sel/100 ml, dan muara (0,4 x 10⁴ sel/100 ml), namun tidak terdeteksi pada lingkungan perairan pantai.

Kata kunci : Koprostanol, limbah domestik, indikator pencemaran, coliform

Abstract

Domestic waste is one of the major sources of the pollution in coastal waters of most developing countries, which has got less attention than industrial pollution. However, along with the increase of human activities in coastal areas coupled with the importance of clean environment for the health, esthetics, and ecological reasons, the detection of waste contamination has become important to be recognized. So far, the indicator of domestic waste contamination has been intestinal microorganism, especially coliform bacteria. Coprostanol is a proposed alternative indicator in the detected domestic waste those, it is definitely important to study the existence of coprostanol and coliform bacteria in order to fine its application. The research carried out from July to August 2003 at the environmental waters of river, estuarine, and coastal of Ciliwung, Jakarta; Banjir Kanal Timur, Semarang, analysis of coliform form water and sediment samples was conducted at micro biogenetic laboratory Faculty of Mathematic and Natural sciences, Diponegoro University, meanwhile analysis of coprostanil concentration was performed at central laboratory of chemistry and physic UGM. The results showed that coprostanol was detected in sediment but not in the water phase at all locations. The existence of coprostanol was detected either at environmental waters of river (14,9 µg/g) or estuarine (1,04 µg/g), and coastal (5,25 µg/g). Total coliform bacteria were detected both in water column and sediment of river (2,80 x 10⁴) sel/100 ml, at estuarine (0,4 x 10⁴) sel/100 ml and coastal (0 - 0,4 x 10⁴) sel/100 ml,

meanwhile fecal coliform bacteria were detected in environmental water of river ($2 \times 10^4 - 2,8 \times 10^4$) sel/100 ml, and at estuarine ($0 - 4 \times 10^4$) sel/100 ml, but not detected at coastal area. The use of coprostanol to considered for the indicator alternative because the existence can influence by various condition at water of river and used of coliform bacteria as domestic waste contamination indicator require to be considered because owning various weakness.

Key words : Coprostanol, coliform, domestic waste, pollution indicator

Pendahuluan

Hulu Sungai Banjir kanal Timur tertelak di Kabupaten Semarang dan melintasi pemukiman di beberapa wilayah kecamatan Kota Semarang, sedangkan muara berada di perkampungan nelayan Tambak Lorok, Kota Semarang. Wilayah Kota Semarang yang dilintasi meliputi Kecamatan Gayamsari, Semarang Timur, Pedurungan, Semarang Selatan, Tembalang, dan Semarang Utara dengan jumlah penduduk 581.337 jiwa (Semarang dalam angka, 2002). Di wilayah ini IPAL domestik belum tersedia, sehingga limbah domestik pada umumnya langsung di buang ke sungai, bahkan di daerah sekitar muara dijumpai beberapa WC sistem cemplung sehingga beban cemaran sungai Banjir Kanal Timur menjadi semakin berat.

Bachtiar (2002), menyatakan juga bahwa sekitar 50 - 70% dari beban organik di sungai pada daerah perkotaan di Indonesia berasal dari limbah domestik. Tingginya kontribusi limbah domestik terhadap lingkungan mendorong perlunya informasi tentang sumber dan keberadaannya di lingkungan terutama pada perairan.

Peningkatan sumber limbah mengakibatkan sungai sebagai badan penerima limbah menjadi semakin berat untuk dapat mengurainya (Wardhana, 1995). Musim kemarau menyebabkan debit air sungai menjadi semakin kecil yang berpengaruh terhadap penurunan laju sedimen dasar (Yang, 1996 dalam Widada, 2000), sehingga deteksi tentang kontaminasi limbah menjadi penting untuk diketahui secara lebih baik (Bachtiar, 2002).

Selama ini salah satu indikator tentang adanya kontaminan limbah domestik ditentukan berdasarkan jumlah mikroorganisme intestinal khususnya kelompok bakteri *coliform* (Chapra, 1997). Aktifitas manusia di wilayah pesisir yang semakin meningkat, telah menyebabkan terjadinya tekanan lingkungan, dimana peningkatan volume limbah industri yang bersifat toksik dan bersuhu tinggi, serta menurunnya kandungan oksigen terlarut pada perairan pantai dan perubahan salinitas merupakan kendala utama penggunaan organisme indikator karena dapat mengakibatkan kematian organisme (Walker et al.,

1982). Selain itu, beberapa mikroorganisme tertentu termasuk *Escherichia coli* dapat memasuki status "*Viable But Nonculturable (VBNC)*" akibat tekanan lingkungan sehingga tidak terdeteksi dengan prosedur standar analisa (Radjasa, 2001).

Koprostanol memiliki sifat yang spesifik karena koprostanol hanya terdapat pada kotoran manusia dan hewan tingkat tinggi (mamalia) (Walker et al., 1982). Dengan sangat spesifiknya sumber koprostanol tersebut, keberadaan koprostanol di alam dapat digunakan sebagai indikator kontaminasi limbah domestik (Bachtiar et al, 1999). Dijelaskan pula bahwa, koprostanol telah banyak digunakan sebagai indikator kontaminasi limbah domestik di negara-negara dengan lintang tinggi, namun di negara tropis (Indonesia) belum digunakan.

Koprostanol sebagai alternatif indikator yang diusulkan, menurut Coakley and Long (1990), harus dapat memenuhi persyaratan ; a) mempunyai hubungan yang spesifik dengan sumber tertentu, b) dapat ditentukan secara kuantitatif, dan c) bersifat cukup konservatif. Walker et al. (1982), mendapatkan koprostanol hasil reduksi kolesterol oleh bakteri dan merupakan sterol fekal dominan yaitu 40 - 60 % dari total sterol yang dihasilkan oleh manusia, dan menurut Hatcher et al. (1977), keberadaan sterol fekal koprostanol di lingkungan perairan telah menunjukkan bahwa koprostanol merupakan indikator kimia untuk kontaminasi limbah domestik. Untuk itu perlu dilakukan kajian eksistensi koprostanol dan bakteri *coliform* pada berbagai kondisi lingkungan dengan variasi pencemaran.

Materi dan Metode

Sampling

Sampel sedimen diambil pada permukaan (0-4 cm dari permukaan) menggunakan *Ekman grab sampler*. Posisi pengambilan sampel ditentukan dengan menggunakan Garmin GPS seri 12/12XL/12CX/48/II PLUS. Sampel sedimen ditempatkan dalam botol dan disimpan dalam cooler selama di lapangan, selanjutnya sampel ditempatkan di laboratorium pada suhu 5° C sebelum dilakukan

analisis selanjutnya. Titik pengambilan sampel di tiga lokasi yang meliputi Sungai banjir Kanal Timur, Muara, Pantai (jarak ± 1 km dari muara), dan control (jarak ± 5 km dari muara). Adapun posisi pengambilan sampel air dan sediment dapat dijelaskan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Posisi pengambilan sampel air dan sediment

SUNGAI	MUARA	PANTAI	KONTROL
Jembatan Jl. Brigjen	6°56'5.4"LS	1). 6°55'42.2"LS	6°53'51.6"LS
Katamso, Semarang	110°26'41"BT	110°26'18.5"BT 2). 6°55'6.79"LS 110°26'18.3"BT	110°25'49.4"BT

Pengukuran kualitas air

Pengukuran kualitas perairan dilakukan secara langsung di lapangan dengan *Water Quality Checker* TOA WQC-22A, yang meliputi : *Temperatur* (° C), *Dissolved Oksigen* (DO), pH, dan salinitas

Analisa Koprostanol

Analisa koprostanol dilakukan di laboratorium Kimia dan Fisika Pusat (LAKFIP) UGM Yogyakarta dengan menggunakan metoda (GC) yang telah dilakukan oleh Bachtiar *et al.* (1996).

Konsentrasi koprostanol dihitung berdasarkan *Relative Response Factor* (RRF) dari *reference solution* yang mengandung 6 µg koprostanol dan 6,9 µg *reference standard* (C18 : OH). RRF ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$RRF = \frac{mg.Cop (std)}{areaCop. (std)} \times \frac{areaC18 : OH(std)}{mgC18 : OH(std)}$$

Berdasarkan nilai RRF tersebut, berat dan konsentrasi koprostanol dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\mu gCop = \frac{RRF \times Area Koprostanol \times \mu g IS}{area IS}$$

$$\mu g/g Cop = \frac{Berat Koprostanol}{Berat Residu Sampel}$$

Dimana :

- RRF = Relative Response Factor
- mg Cop. (Std) = Berat koprostanol standar
- area Cop. (Std) = Luas area koprostanol standar

- µg Cop = Berat koprostanol pada sampel.
- area Cop = Luas area koprostanol pada sampel.
- µg IS = Berat internal standar.
- area IS = Luas area internal standar.
- µg/g Cop = Konsentrasi koprostanol.
- g = Berat residu sampel

Analisa Bakteri Coliform

Menurut Pelczar dan Chan (1988), pemeriksaan organisme *coliform* digunakan media selektif dan diferensial yang dilakukan dengan 3 (tiga) langkah, yaitu meliputi :

1. Uji penduga (*presumptive test*)

Pada uji penduga digunakan media "LB Broth" sebagai media tumbuh bakteri. Tabung-tabung fermentasi yang menghasilkan gas pada uji penduga menunjukkan adanya bakteri *coliform* positif. Pada tabung-tabung fermentasi yang positif ini kemudian dilanjutkan ke uji tahapan selanjutnya yaitu uji penguat.

2. Uji penguat (*confirmed test*)

Dari hasil uji penduga yang positif lalu diinokulasikan pada media uji penguat "*brilliant green lactose bile broth*" (BGLB) sebagai media selektif. Diinkubasikan pada suhu 37°C untuk total *coliform* dan 44°C untuk *fecal coliform* selama 48 jam 3 jam. Tabung-tabung fermentasi yang terdapat gas dalam tabung durham berarti uji penguat positif terdapat bakteri *coliform*.

3. Uji lengkap (*completed test*)

Hasil yang positif pada uji penguat dilanjutkan uji lengkap yaitu digoreskan dengan menggunakan ose ke permukaan media Endo-agar dari tabung-tabung fermentasi yang positif pada tes penguat. *Fecal coliform* ditunjukkan dengan warna metalik setelah diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam.

4. Perhitungan Jumlah Bakteri *Coliform*

Metode yang digunakan untuk perhitungan bakteri *coliform* adalah metode MPN (*Most Probable Number*) seri 3 tabung. MPN bakteri *coliform* dihitung berdasarkan jumlah tabung yang positif pada uji penguat, atau jumlah tabung positif pada uji lengkap (Winarno, 1986). Perhitungan MPN didasarkan atas jumlah tabung yang bereaksi positif dan negatif dari 3 pengenceran yang berurutan.

Analisa Kandungan Organik Total Sedimen

Kandungan organik total di sedimen ditentukan menggunakan metode pengabuan (SNI 06-2505-1991 sk SNI M-71-1990-03). Kandungan total organik dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kandungan Total Organik (\%)} = \frac{W_s - W_r}{W_s} \times 100$$

Dimana :

- Ws = berat sampel sedimen kering
- Wr = berat inorganik residu

Analisa Karakteristik Sedimen

Penentuan ukuran butir dan jenis sedimen dilakukan melalui dua tahap, yaitu pengayakan kering (*dry sieving*) dan pengayakan basah (*wet sieving*) (SNI 03-3962-1995). Berat masing-masing sampel yang telah mengalami beberapa perlakuan dapat ditentukan persentase berat ukuran butir, dengan metode segitiga SHEPARD dapat ditentukan klas sedimen, dan kurva kumulatif untuk mendapatkan distribusi ukuran butir sediment. Ukuran butir dan jenis sedimen ditentukan berdasarkan 3 kategori yaitu:

1. Pasir (*Sand*) dengan ukuran 63 s/d 2000 µm;
2. Debu (*Silt*) dengan ukuran 2 s/d 63 µm;
3. Lempung (*Clay*) dengan ukuran < 2 µm.

Analisa Statistik

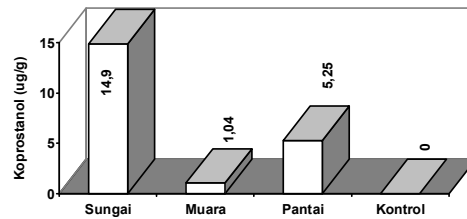
Data yang diperoleh dianalisis dengan Sidik Ragam (ANOVA) dan uji lanjutan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT 5 %) dan uji antar perlakuan dengan perangkat lunak SPS 2000 (Hadi, 2000) yang meliputi :

1. Uji beda eksistensi antara koprostanol dan bakteri *coliform* pada lingkungan perairan sungai, muara, dan pantai;
2. Uji beda eksistensi antara koprostanol dan bakteri *coliform* pada kolom air dan sedimen.

Hasil dan Pembahasan

Eksistensi Koprostanol

Eksistensi koprostanol rata-rata tertinggi terdapat pada lingkungan perairan sungai, dan mengalami penurunan yang signifikan pada lingkungan perairan muara serta pantai, dengan eksistensi dapat disajikan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Kandungan koprostanol pada sedimen lingkungan perairan Sungai Banjir Kanal Timur, Muara, dan Pantai Semarang

Tingginya koprostanol di perairan sungai disebabkan oleh rendahnya laju transpor koprostanol menuju muara dan pantai, dimana saat penelitian dilakukan bertepatan pada monsun timur yang ditandai dengan musim kemarau, yang pada umumnya debit air sungai relatif kecil (Koesmaryono dan Handoko, 1988). Debit air sungai yang kecil ini akan berpengaruh terhadap penurunan laju sedimen muatan dasar, sementara koloid koprostanol yang teradsorpsi pada partikel lempung akan terangkut relatif lebih lambat dibandingkan jika debit air sungai besar. Selain itu, penurunan debit air sungai tersebut tidak diikuti oleh penurunan debit buangan limbah domestik, dan bahkan meningkat sesuai dengan pertambahan jumlah penduduk, sehingga perairan sungai terlihat semakin pekat oleh berbagai limbah, termasuk limbah domestik.

Berkurangnya konsentrasi koprostanol di perairan muara dan pantai, disebabkan karena muara dan pantai sebagai penerima seluruh material yang berasal dari sungai memiliki turbulensi yang tinggi akibat pengaruh gelombang pasang dan surut. Material yang ringan seperti jenis lempung akan mengalami dinamika yang lebih tinggi, sebagaimana ditemukan pada perairan Semarang yang dapat dijelaskan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kandungan organik dan ukuran butir sedimen perairan Semarang

Stasiun	TOC (%)	Prosentase Ukuran Butir (%)		
		Sand	Silt	Clay
Sungai	23,54	10,20	20,65	69,15
Muara	9,89	80,00	10,90	9,10
Pantai	15,64	17,95	21,45	60,60
Kontrol	39,74	1,30	11,90	86,80

Menurut McDowell dan O'Connor (1977), partikel lempung (*clay*) dikelompokkan menjadi partikel yang paling halus sehingga dinamika atau

sebaran pada perairan laut lebih tinggi dibandingkan dengan partikel debu dan pasir halus, serta partikel pasir kasar. Teradsorpsinya koloid koprostanol pada lempung tersebut yang menyebabkan tingginya dinamika koprostanol di perairan muara maupun laut.

Rendahnya konsentrasi koprostanol pada perairan muara dibandingkan dengan konsentrasi koprostanol pada perairan pantai, juga dapat disebabkan oleh kecepatan arus dan kondisi pantai. Pada muara dengan kedalaman relatif dangkal (0,88 m) dan terletak pada lingkungan yang relatif tidak terhalang oleh bangunan dimungkinkan mempunyai arus yang relatif tinggi, hal ini dapat menyebabkan koprostanol yang teradsorpsi pada lempung akan mengalami transpor dan terakumulasi pada perairan pantai yang relatif lebih dalam (5,13 m). Hal ini diyakini dengan hasil yang ditemukan pada pantai Semarang memiliki konsentrasi lempung yang lebih tinggi dengan konsentrasi lempung (*clay*) dan kondisi pantai dapat disajikan pada Tabel 2, dan 3.

Tabel 3. Kualitas rata-rata perairan Semarang (Banjir Kanal Timur).

No Stasiun	Kedalaman (m)	D O (mg/l)	Suhu (°C)	pH	Salinitas (‰)
1. Sungai	0,85	1,87	28,90	7,05	0,00
2. Muara	0,88	4,39	27,93	7,96	21,90
3. Pantai	5,13	5,53	28,20	8,37	28,00
4. Kontrol	10,10	7,28	28,45	7,33	28,30

Selain itu, terdapatnya bakteri pendeградasi koprostanol pada berbagai lingkungan perairan (Munir, 2004) juga merupakan factor penyebab berkurangnya konsentrasi koprostanol. Berdasarkan uji yang telah dilakukannya terhadap isolat bakteri pada lokasi perairan di ketiga daerah, yaitu perairan Jakarta, Semarang dan Jepara terdapat bakteri pendeградasi koprostanol. Dari 359 isolat yang diuji didapatkan 234 isolat bakteri pendeградasi koprostanol, atau dengan kata lain 65,18% bakteri yang ditemukan adalah bakteri pendeградasi koprostanol.

Barlett (1987) dalam penelitiannya tentang laju degradasi koprostanol pada beberapa sistem perairan secara alamiah, dengan media uji a) lumpur limbah domestik, b) lumpur limbah domestik yang diencerkan 10 kali dengan air laut, dan c) sedimen buatan (pasir bersih : lumpur limbah domestik, 4 : 1), yang ditempatkan pada tanki dengan air yang mengalir dan air yang statis. Hasil yang diperoleh konsentrasi koprostanol pada lumpur limbah domestik berkurang menjadi < 15% dari konsentrasi

awal setelah 30 hari, sedangkan pada sedimen buatan, konsentrasi koprostanol secara prinsip tidak berubah setelah 54 hari.

Penjelasan beberapa peneliti di atas menunjukkan bahwa koprostanol mengalami proses biodegradasi, namun Bachtiar (2002), dalam penelitiannya mendapatkan koprostanol pada sedimen yang tua. Temuan ini menunjukkan bahwa laju degradasi koprostanol di alam lebih lambat dibandingkan masuknya koprostanol di alam, dan atau diduga koprostanol pada konsentrasi tertentu tidak mengalami degradasi, sehingga eksistensinya di alam tetap terdeteksi.

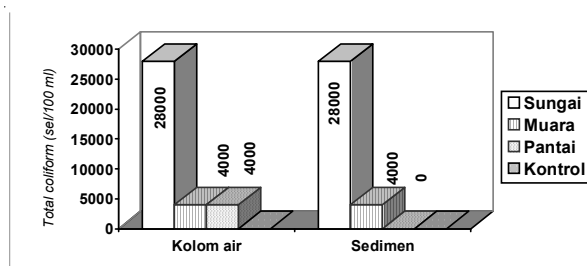
Eksistensinya koprostanol yang hanya terdeteksi pada sedimen perairan, disebabkan sifat koprostanol yang tidak larut dalam air (Walker *et al*, 1982) dan mengalami flokulasi (Bachtiar, 2002). Proses flokulasi merupakan proses bergabungnya mikroflok-mikroflok menjadi makroflok atau flok yang berukuran lebih besar. Koloid koprostanol akan teradsorpsi oleh material organik yang terdapat pada koloid lempung dalam proses flokulasi karena sifat lempung yang dapat menyerap zat organik. Koloid koprostanol yang telah terflokulasi dengan koloid lempung, kemudian mengalami transpor bersama sedimen lempung oleh adanya pola arus, selain yang terendapkan (Bachtiar, 2002).

Limbah domestik merupakan material organik dan teradsorpsi pada sedimen lempung, sehingga pola penyebaran limbah domestik pada suatu perairan pantai dapat diketahui berdasarkan pola penyebaran sedimen dasar perairan. Hakanson and Jansson (1983), menyatakan bahwa untuk dapat mengetahui kondisi lingkungan pada suatu perairan, sedimen dasar perairan dapat berperan sebagai bank informasi. Dijelaskan pula oleh Coakley and Poulton (1991), bahwa analisis sedimen akan sangat bermanfaat untuk merunut transpor sedimen terkontaminasi, sedangkan menurut Bachtiar (2002), koprostanol lebih teradsorpsi pada lempung (*clay*).

Selain itu, tidak terdeteksinya koprostanol pada kolom air disebabkan karena penelitian yang dilakukan pada monsun Timur yang ditandai dengan musim kemarau dan pada umumnya kondisi perairan tenang. Pada kondisi perairan yang tenang ini menyebabkan proses pengendapan material berjalan lebih cepat, sehingga konsentrasi koprostanol yang berada di kolom air konsentrasinya sangat rendah dan tidak dapat terdeteksi oleh peralatan laboratorium pada saat analisis.

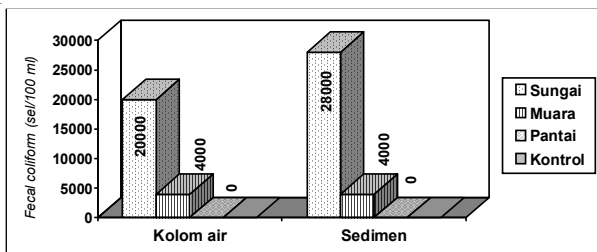
Eksistensi Bakteri Coliform

Bakteri *total coliform* pola menunjukkan bahwa lingkungan perairan sungai mempunyai jumlah yang tertinggi dibandingkan pada muara dan pantai, bahkan perbedaan nilai *total coliform* antara lingkungan sungai dengan muara dan pantai signifikan, sebagaimana dapat dijelaskan pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Total coliform pada kolom air dan sedimen lingkungan perairan Sungai Banjir Kanal Timur, Muara, dan pantai Semarang

Kecenderungan yang sama ditemukan pada *fecal coliform* rata-rata pada lingkungan perairan sungai mempunyai konsentrasi tertinggi dengan perbedaan nilai yang signifikan dibandingkan pada lingkungan perairan muara dan pantai, yang dapat dijelaskan pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Fecal coliform pada kolom air dan sedimen lingkungan perairan sungai Banjir Kanal Timur, muara, dan pantai Semarang

Berkurangnya nilai *total* dan *fecal coliform* pada perairan muara dan pantai disebabkan oleh ketidakmampuan *coliform* hidup dan berkembangbiak di lingkungan perairan muara dan pantai yang memiliki kadar garam yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum, parameter DO, suhu, dan pH pada lingkungan perairan sungai, muara, dan pantai di 3 (tiga) daerah penelitian mempunyai kondisi yang relatif sama. Kondisi secara prinsip yang membedakan antara lingkungan perairan sungai dengan muara dan pantai di ketiga daerah penelitian adalah kadar salinitas. Berdasarkan hasil pengukuran lapangan lingkungan perairan sungai tidak dipengaruhi oleh salinitas karena kadarnya 0,

sementara muara dan pantai mencapai nilai di atas 20‰ (Tabel 2).

Manahan (1994), menyatakan bahwa kadar garam yang tinggi akan mempengaruhi tekanan osmotik pada dinding sel bakteri, dan dapat merusak dinding sel yang berakibat kematian bagi bakteri. Selain itu menurut Barlett (1987), perubahan salinitas dari yang rendah ke tinggi dapat mempengaruhi tingkat kematian bakteri. Radjasa (2001), menyatakan bahwa ada beberapa golongan bakteri yang dapat mengalami status. "Viable But Nonculturable" (VBNC). VBNC adalah suatu keadaan dimana mikroba kelompok tertentu kehilangan kemampuan untuk membentuk koloni dan berkembang biak akibat tekanan lingkungan, sehingga tidak terdeteksi pada media yang digunakan secara rutin untuk menumbuhkannya. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi fenomena tersebut antara lain kadar garam (*salinitas*).

Kesimpulan

Hasil penelitian tentang eksistensi koprostanol dan bakteri *coliform* yang dilakukan di lingkungan perairan sungai, muara, dan pantai di Semarang dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Koprostanol dapat terdeteksi pada sedimen perairan sungai (14,91g/g), muara (1,04 µg/g), dan pantai (5,25 µg/g) namun tidak terdeteksi pada kolom.
- 2) Total coliform dapat terdeteksi pada kolom air dan sedimen dengan nilai total coliform di perairan sungai tertinggi ($2,8 \times 10^4$) Sel/100 ml dan terdapat perbedaan yang signifikan terhadap muara ($0,4 \times 10^4$) Sel/100 ml dan pantai ($0 - 0,4 \times 10^4$) Sel/100 ml.
- 3) Fecal coliform dapat terdeteksi pada kolom air dan sedimen, sementara nilai fecal coliform pada lingkungan perairan sungai tertinggi ($2 \times 10^4 - 2,8 \times 10^4$) Sel/100 ml dan berbeda signifikan terhadap perairan muara ($0,4 \times 10^4$) Sel/100 ml, tetapi pada perairan pantai tidak terdeteksi.

Daftar Pustaka

- Bachtiar, T., J. P. Coakley, and M. J. Risk, 1996. Tracing sewage-contaminated sediment in Hamilton Harbour using selected geochemical indicators, *Sci. Total. Environ.* 179: 3-16,
- Bachtiar, T. Harun S, Suriharyono N, dan Dadang K. M, 1999. Pemanfaatan Koprostanol Sebagai Indikator Pencemaran Limbah Domestik di Perairan Semarang, *Jurnal Epidemiologi Indonesia* : Volume 3 (2) : 12 - 20,

- Bachtiar, T, 2002. *Koprostanol sebagai indikator kontaminasi dan perunut alamiah limbah domestik di perairan pantai Banjir Kanal Timur Semarang*, Disertasi, ITB, Bandung,
- Bartlett, P. D. 1987. Degradation of coprostanol in an experimental system, *Mar. Poll. Bull*, 18 (1): 27-29,
- Chapra, S. C., 1997. *Surface Water Quality Modelling*, McGraw-Hill, Singapore,
- Coakley, J. P. and D. J. Poulton, 1991. Tracer for fine sediment transport in Humber Bay, Lake Ontario, *J. Great. Lake. Res.* 17: 289-303,
- Dutka, B. J., A. S. Y. Chau, and J. Coburn, 1974. Relationship between bacterial indicators of water pollution and fecal steroid. *Wat. Res.*, 8: 1047-1055,
- Hatcher, P. G., L. E. Keister, and P. A. McGillivray, 1977. Steroids as sewage specific indicators in New York Bight sediment, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 17: 491-498,
- Hakanson, L. and M. Jansson, 1983. *Principles of lake Sedimentology*, Springer-Verlag, 316p,
- Koesmaryono Y dan Handoko, 1988. *Klimatologi Dasar*, Bahan Pengajaran Jurusan Geofisika Dan Meteorology, FMIPA-IPA, IPB,
- McDowell, M. D. and B. A. O'Connor, 1977. *Hydraulic Behaviour of Estuaries*, The Macmillan Press ltd, London,
- Munir, M, 2004. *Isolasi dan identifikasi bakteri pendegradasi koprostanol dari lingkungan sungai muara dan perairan pantai pada monsoon timur (studi kasus pada Jakarta, Semarang dan Jepara)*, Thesis, tidak dipublikasi, Program Pasca Sarjana, Magister Ilmu Lingkungan, UNDIP, Semarang,
- Pelczar, J., E.C.S, and Chan., 1986. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. UI-Press. Jakarta. (diterjemahkan oleh Patna Siri Hadioetomo et al). hlm 131-157,
- Radjasa, O. K., 2001. *Viable But Non Culturable (VBNC)*. Modul Mata Kuliah Mikrobiologi Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro, Semarang,
- Supriharyono, 2002. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*, PT. Gramedia Pustaka Utama Jakarta,
- Walker, R. W., C. K. Wun, and W. Litsky, 1982. *Coprostanol as an indicator of fecal pollution*, Paper No. 1420, Massachusetts Agriculture Experiment Station, University of Massachusetts, Amherst,
- Wardhana, 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan, edisi revisi*, Yogyakarta ANDI,
- Widada, S, 2000. Pendahuluan tentang Dinamika Sedimentasi di Muara Sungai Tuntang Lama, Kabupaten Demak, Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang, *Majalah Ilmu Kelautan*, Hlm 260 - 279,
- Winarno, F. G., 1986. *Air untuk Industri Pangan*, PT Gramedia, Jakarta,