

## Water quality status of rivers in the coastal city of Manado, North Sulawesi Province, Indonesia

### Status kualitas air beberapa sungai di Kota Pesisir Manado, Sulawesi Utara, Indonesia

Markus T. Lasut and Adianse Tarigan

*Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi,  
Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado 95115, Sulawesi Utara  
E-mail: markus\_lasut@yahoo.com*

**Abstract:** A study on water quality status of three riverine systems, S. Bailang (SB), S. Maasing (SM), and S. Tondano (ST), in coastal city of Manado, North Sulawesi Province, has been conducted to measure several water quality parameters, to analyse source and quality of wastewater discharge, and to assess the status of the rivers related to the water quality. Measurement of the parameters was conducted using three indicators, i.e. organic (BOD<sub>5</sub>) and in-organic (N-NO<sub>3</sub> and P-PO<sub>4</sub>), and pathogenic microorganism (*Escherichia coli* [EC] and total coliform [TC]). The result showed that the level of water quality varied between the rivers. The average level of water quality (based on the observed parameters) in SB, respectively, was 0.317 mg/l, 0.093 mg/l, 2 mg/l, >2420 MPN, and >2420 MPN; in SM, respectively, was 0.029 mg/l, 1.859 mg/l, 17.7 mg/l, >2420 MPN, and >2420 MPN; and in ST, respectively, was 0.299 mg/l, 0.252 mg/l, 3.5 mg/l, >2420 MPN, and >2420 MPN. The level of water quality between the rivers was not significantly different ( $p>0.05$ ), except based on the parameter of N-NO<sub>3</sub> which was significantly different ( $p<0.01$ ). The status of the observed rivers varied based on the classes of their water utilities (according to the Government Regulation of Indonesia, No. 82, 2001); mostly was "unsuitable".

**Keywords:** wastewater management; Manado Bay; coastal city of Manado

**Abstrak:** Kajian tentang status kualitas air di 3 perairan sungai di kota pesisir Manado, S. Bailang (SB), S. Maasing (SM), dan S. Tondano (ST), Provinsi Sulawesi Utara, telah dilakukan yang bertujuan untuk mengukur beberapa parameter kualitas air, menganalisis sumber dan kualitas buangan limbah domestik, dan menilai status ketiga perairan sungai tersebut. Tiga indikator digunakan, yaitu: bahan organik (BOD<sub>5</sub>), bahan anorganik (N-NO<sub>3</sub> dan P-PO<sub>4</sub>), dan mikroorganisme patogenik (*Escherichia coli* [EC] dan coliform total [TC]). Hasil kajian menunjukkan bahwa tingkat kualitas air perairan tersebut berbeda-beda. Konsentrasi rerata parameter kualitas air (BOD<sub>5</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub>, EC, dan TC) di SB, berturut-turut, sebesar 0.317 mg/l, 0.093 mg/l, 2 mg/l, >2420 MPN, dan >2420 MPN; di SM, berturut-turut, sebesar 0.029 mg/l, 1.859 mg/l, 17.7 mg/l, >2420 MPN, dan >2420 MPN; dan di ST, berturut-turut, sebesar 0.299 mg/l, 0.252 mg/l, 3.5 mg/l, >2420 MPN, dan >2420 MPN. Konsentrasi kualitas air ketiga sungai tersebut tidak berbeda secara signifikan ( $p>0.05$ ), kecuali parameter N-NO<sub>3</sub> ( $p<0.01$ ). Secara umum, kondisi kualitas air ketiga sungai tersebut, menurut Peraturan Pemerintah No. 82, 2001) berada dalam status "tidak cocok" untuk peruntukannya.

**Kata-kata kunci:** manajemen limbah cair; Teluk Manado; kota pesisir Manado

### PENDAHULUAN

Di kota pesisir Manado, limbah cair domestik dibuang langsung ke Teluk Manado melalui selokan dan sungai yang melintasi kota (di antaranya adalah S. Tondano, S. Maasing, dan S. Bailang) (Lasut *et al.*, 2005; 2008; Karwur *et al.*, 2009). Kondisi ini semakin parah di mana limbah dari kakus juga dibuang ke selokan dan sungai yang sama (Karwur *et al.*, 2009). Limbah cair seperti itu selalu memberi dampak buruk bagi lingkungan penerimanya dan berbahaya bagi kesehatan masyarakat, karena

mengandung bahan yang bersifat patogen. Bahan yang terkandung di dalamnya, antara lain, adalah bahan organik, bahan anorganik (nitrat dan fosfat), dan mikroorganisme (*faecal coliform*, termasuk *Escherichia coli*) (Ruddle, 1982; Reed *et al.*, 1995; Kusnopranto, 1997; Vandermeulen, 1998; Ortiz-Hernandez and Saenz-Morales 1999; Dionisio *et al.*, 2000; Lipp *et al.*, 2001).

Untuk mencegah dan memitigasi kerusakan lingkungan hidup dan keanekaragaman hayati yang dapat terjadi di Teluk Manado, buangan limbah cair domestik dari kota pesisir Manado sangat perlu

dikelola (Karwur *et al.*, 2009). Oleh karena itu, dalam upaya pengelolaan, maka penelitian ini dilakukan di mana bertujuan untuk mengkaji status dan kondisi lingkungan perairan sungai di kota pesisir Manado, dan secara khusus untuk mengukur beberapa parameter kualitas air di 3 sungai yang melintasi kota (S. Tondano, S. Maasing, dan S. Bailang); menganalisis sumber dan kualitas limbah cair domestik yang mengalir melalui 3 sungai tersebut; dan menilai status limbah cair domestik di 3 sungai tersebut. Penelitian ini menggunakan data bersama, terutama aspek kandungan bahan organik dan anorganik, dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Tarigan *et al.* (2013).

## MATERIAL DAN METODA

### Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kota Pesisir Manado dengan posisi geografi: 1°30–1°40 LU and 124°40–124°50 BT (Gambar 1), di mana pengamatan dilakukan di tiga aliran sungai, yaitu S. Bailang (SB) S. Maasing (SM), dan S. Tondano (ST), sebagai tempat pengambilan sampel. Laboratorium Toksikologi dan Farmasitika Kelautan, Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, dijadikan sebagai

tempat persiapan sampel, dan WLN (Water Laboratory Nusantara) Manado, sebagai tempat analisis/pengukuran sampel.

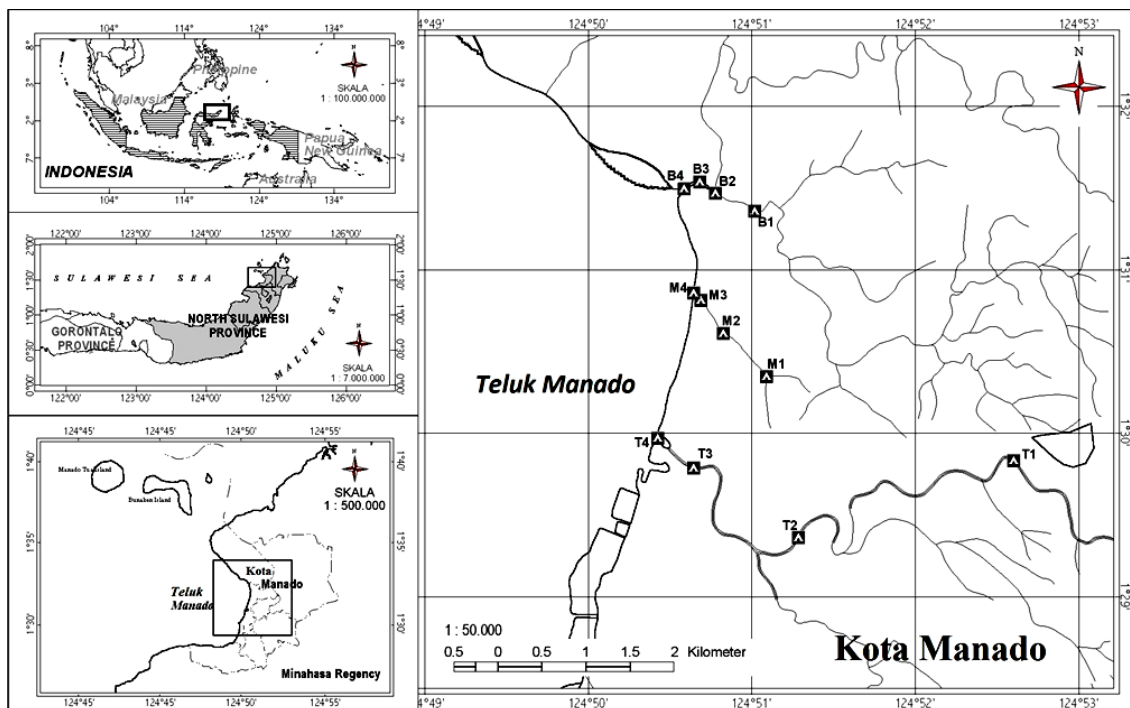
### Parameter dan analisis sampel

Pengukuran parameter kualitas air sampel dilakukan menggunakan 3 indikator, yaitu: bahan organik, bahan anorganik, dan mikrobiologi. Kandungan bahan organik dan anorganik diukur masing-masing menggunakan parameter BOD<sub>5</sub> (Biochemical Oxygen Demand-5 Days), nitrat (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dan fosfat (P-PO<sub>4</sub><sup>-</sup>); sedangkan mikrobiologi diukur menggunakan parameter *E. coli* total (EC) dan *coliform total* (TC). Pengukuran parameter tersebut dilakukan menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI).

### Populasi, sampel, lokasi, dan cara pengambilan sampel

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sungai. Pengambilan sampel dilakukan pada titik sampling (TS) yang telah ditentukan di tiap-tiap sungai, di mana masing-masing sungai ditentukan 4 TS (Gbr. 1). Tidak dilakukan pengulangan pengambilan sampel untuk masing-masing TS.

Untuk kegiatan pemantuan di kemudian hari, penandaan lokasi TS secara geografis dilakukan



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di 3 sungai (S. bailang, S. Maasing, dan S. Tondano) yang melintasi kota pesisir Manado menuju Teluk Manado dan titi sampling (TS) penelitian. B1-B4 di S. Bailang (SB), M1-M4 di S. Maasing (SM), dan T1-T4 di S. Tondano (ST).

menggunakan Global Positioning System (GPS). Pada saat pengamatan, karakteristik dominan dari masing-masing sungai dan penggunaannya, serta kondisi lingkungan perairan (salinitas dan suhu) dicatat.

Pengambilan sampel dilakukan pada musim panas (bulan September 2012). Teknik pengambilan sampel air dilakukan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI). Air permukaan sampai pada kedalaman 30 cm sebanyak 500 ml diambil dengan menggunakan wadah botol plastik yang telah disterilkan untuk pengamatan BOD<sub>5</sub>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, dan P-PO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Sedangkan untuk pengamatan TC dan EC, digunakan botol kaca; jumlah air sampel yang diambil adalah kira-kira sebanyak 250 ml.

### Analisis data

Data yang diperoleh, untuk masing-masing parameter, dianalisis menggunakan Analisis Statistika sederhana untuk menghitung rata-rata, standar deviasi, nilai minimum, dan nilai maksimum. Selanjutnya, data dianalisis, untuk menilai statusnya dan membandingkannya di antara 3 sungai tersebut, dengan menggunakan Analisis of Variance (ANOVA) satu arah (Fowler dan Cohen, 1992).

menampilkan hasil pengamatan mengenai situasi dan kondisi ketiga sungai (SB, SM, ST) pada saat pengambilan sampel. Pada umumnya, kondisi fisik air dalam keadaan "keruh" dan "banyak sampah". Hal ini disebabkan oleh karena kondisi fisik pinggiran saluran tidak dilakukan pemadatan (pemadatan pinggiran saluran, pada umumnya, dilakukan dengan cara pembuatan "beton", menggunakan campuran semen dan kerikil) dan badan sungai menjadi tempat pembuangan sampah dari kegiatan rumah tangga di permukiman sekitar aliran sungai.

Aliran air perairan sungai, kecuali SM, dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kegiatan sehari-hari, yaitu: MCK (Mandi, Cuci [mencuci pakaian dan peralatan rumah tangga], Kakus [membuang hajat]), kegiatan perikanan (memancing ikan dan pemeliharaan ikan menggunakan karamba apung), dan transportasi.

Situasi dan kondisi fisik air (keruh dan banyak sampah) yang diamati di lokasi penelitian telah berlangsung sejak tahun 2003 (Lasut *et al.*, 2005), bahkan mungkin telah terjadi pada tahun-tahun sebelumnya. Demikian pula halnya penggunaan air perairan sungai di mana diamati tidak mengalami perubahan sejak tahun sebelumnya (Lasut *et al.*, 2005; Karwur *et al.*, 2009).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Situasi dan Kondisi Perairan

Situasi dan kondisi perairan diamati di tempat di mana pengambilan sampel dilakukan. Tabel 1

### Kualitas dan Sumber Limbah Cair

Tabel 2 dan Gbr. 2 menampilkan hasil pengukuran tingkat parameter kualitas air perairan sungai di lokasi penelitian. Keberadaan kondisi

Tabel 1. Posisi geografis titik sampling, kondisi perairan dan saluran sungai, dan penggunaannya di lokasi penelitian pada saat pengamatan

| Lokasi Penelitian | TS | Koordinat   |               | Kondisi fisik air* | Kondisi fisik saluran* | Guna air & saluran* | Kondisi fisik pinggir saluran* |
|-------------------|----|-------------|---------------|--------------------|------------------------|---------------------|--------------------------------|
|                   |    | LU          | BT            |                    |                        |                     |                                |
| S. Bailang        | B1 | 01°31'49,7" | 124°50-45,8"  | Keruh              | SES                    | MCK, TRA            | TDB, ERO                       |
|                   | B2 | 01°31'38,2" | 124°50-52,6"  | Keruh              | SES                    | TRA                 | TDB, ERO                       |
|                   | B3 | 01°31'33,2" | 124°50-42,0"  | Keruh              | BAS                    | TRA                 | TDB, ERO                       |
|                   | B4 | 01°31'27,7" | 124°50-34,4"  | Keruh              | BAS                    | TRA                 | TDB, TRO                       |
| S. Maasing        | M1 | 01°30'23,5" | 124°51-02,8"  | Keruh              | BAS                    | -                   | BET, ERO                       |
|                   | M2 | 01°30'35,9" | 124°50-51,2"  | Keruh              | BAS                    | -                   | BET, TRO                       |
|                   | M3 | 01°30'51,1" | 124°50-43,0"  | Keruh              | BAS                    | -                   | BET, TRO                       |
|                   | M4 | 01°30'53,0" | 124°50-40,5"  | Keruh              | BAS                    | -                   | BET, TRO                       |
| S. Tondano        | T1 | 01°29'50,6" | 124°52-38,9"  | Keruh              | TAS                    | MCK                 | TDB, ERO                       |
|                   | T2 | 01°29'17,3" | 124°51-17,1"  | Keruh              | SES                    | MCK, PER            | TDB, ERO                       |
|                   | T3 | 01°29'48,8" | 124°50'41,21" | Keruh              | BAS                    | MCK, PER, TRA       | TDB, ERO                       |
|                   | T4 | 01°29'59,4" | 124°50'27,4"  | Keruh              | BAS                    | MCK, TRA            | TDB, ERO                       |

TS: titik sampling

SES: sedikit sampah

TRA: transportasi

ERO: erosi

LU: lintang utara

BAS: banyak sampah

PER: perikanan

TRO: tidak erosi

BT: bujur timur

MCK: mandi, cuci, kakus

TDB: tidak dibeton

BET: beton

TAS: tidak ada sampah

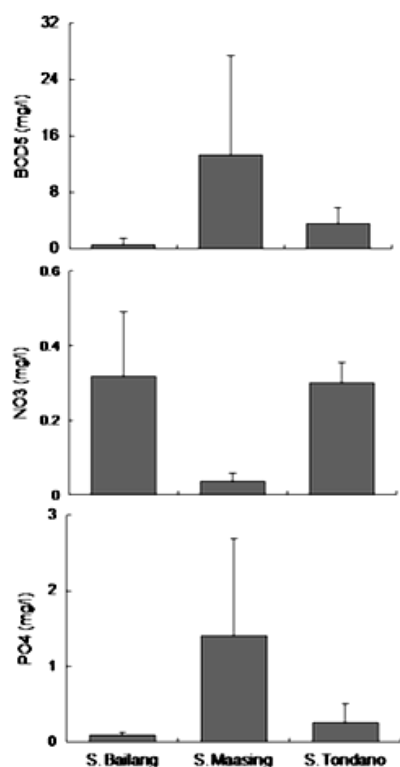
\* Kecuali di B4, M4, dan T4, menggunakan data bersama dengan Tarigan *et al.* (2013)

Tabel 2. Tingkat kualitas air perairan sungai pada saat pengamatan

| Lokasi Penelitian | TS | Salinitas* (ppt) | Suhu* (°C) | N-NO <sub>3</sub> * (mg/l) | P-PO <sub>4</sub> * (mg/l) | BOD <sub>5</sub> * (mg/l) | EC (MPN/100ml) | TC (MPN/100ml) |
|-------------------|----|------------------|------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------|
| S. Bailang        | B1 | 8.0              | 31.3       | 0.355                      | 0.092                      | ttd                       | >2420          | >2420          |
|                   | B2 | 11.0             | 31.1       | 0.287                      | 0.073                      | ttd                       | 690            | 690            |
|                   | B3 | 12.0             | 30.6       | 0.522                      | 0.147                      | 2                         | >2420          | >2420          |
|                   | B4 | 20.0             | 31.4       | 0.103                      | 0.058                      | ttd                       | >2420          | >2420          |
| S. Maasing        | M1 | 1.0              | 32.2       | 0.012                      | 0.596                      | 8                         | >2420          | >2420          |
|                   | M2 | 3.0              | 32.3       | 0.015                      | 2.640                      | 33                        | >2420          | >2420          |
|                   | M3 | 6.0              | 34.7       | 0.061                      | 2.340                      | 12                        | >2420          | >2420          |
|                   | M4 | 27.0             | 33.6       | 0.050                      | 0.023                      | ttd                       | >2420          | >2420          |
| S. Tondano        | T1 | 2.0              | 30.0       | 0.296                      | 0.095                      | 3                         | >2420          | >2420          |
|                   | T2 | 2.0              | 30.0       | 0.379                      | 0.641                      | 7                         | >2420          | >2420          |
|                   | T3 | 2.0              | 32.0       | 0.267                      | 0.132                      | 2                         | >2420          | >2420          |
|                   | T4 | 2.0              | 32.8       | 0.253                      | 0.140                      | 2                         | >2420          | >2420          |

TS: titik sampling; ttd: tidak terdeteksi; EC: *E. coli*; TC: total coliform; MPN: most probable number

\* Kecuali di B4, M4, dan T4, menggunakan data bersama dengan Tarigan *et al.* (2013)



Gambar 2. Tingkat kualitas air perairan sungai di lokasi penelitian (menggunakan data bersama dengan Tarigan *et al.* (2013)

perairan sungai dan pantai dibedakan dengan tingkat salinitas yang terukur di mana perairan sungai ditandai dengan tingkat yang rendah dan semakin tinggi apabila mendekati muara. Perairan muara ditandai dengan terjadinya peningkatan salinitas. Keberadaan tingkatan suhu

air perairan yang tinggi dipengaruhi oleh situasi cuaca pada saat pengukuran dilakukan di mana pada umumnya cerah (penyinaran matahari yang tinggi).

Tingkat kandungan bahan anorganik nitrat (N-NO<sub>3</sub>), fosfat (P-PO<sub>4</sub>), dan bahan organik (BOD<sub>5</sub>) tertinggi di perairan sungai SB adalah di titik pengambilan sampel (TS) B3 di mana berturut-turut setinggi 0.522 mg/l, 0.147 mg/l, dan 2 mg/l. Di perairan sungai SM, berturut-turut di M3 (0.061 mg/l), M2 (2.640 mg/l), dan M2 (33 mg/l). Di perairan sungai ST terukur di T2 di mana berturut-turut setinggi 0.379 mg/l, 0.641 mg/l, dan 7 mg/l (Tabel 2).

Tingkat rerata kualitas air berdasarkan parameter N-NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, BOD<sub>5</sub> (Gbr. 2), EC, dan TC, di perairan sungai SB berturut-turut sebesar 0.317 mg/l, 0.093 mg/l, 2 mg/l, >2420 MPN, dan >2420 MPN; di SM sebesar 0.029 mg/l, 1.859 mg/l, 17.7 mg/l, >2420 MPN, dan >2420 MPN; dan di ST sebesar 0.299 mg/l, 0.252 mg/l, 3.5 mg/l, >2420 MPN, dan >2420 MPN.

Kondisi kualitas perairan sungai antara ketiga tersebut di atas, berdasarkan parameter yang diukur, berbeda secara tidak signifikan satu dengan lainnya ( $p>0.05$ ), kecuali berdasarkan parameter nitrat (N-NO<sub>3</sub>) yang menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan ( $p<0.01$ ). Kandungan *E. coli* (EC) dan *faecal coliform* total (TC) di ketiga perairan sungai (SB, SM, dan ST) berada pada tingkatan maksimal (>2420 MPN/100 ml) yang dapat diukur, kecuali di perairan sungai SB (TS B2).

Pada umumnya masyarakat membuang limbah cair domestik di daerah permukiman ke saluran air umum (selokan dan sungai) sebagai

daerah penerima. Hal ini dapat meningkatkan keberadaan berbagai bahan material (organik dan anorganik) di daerah penerima (Ortiz-Hernandez and Saenz-Morales 1999). Keadaan ini dapat menimbulkan gangguan, baik ekosistem di daerah penerima (Saenger, 1989 dalam Clark, 1992; Wong, 1998) maupun gangguan kesehatan masyarakat (Vandermeulen, 1998) yang bermukim di sekitar daerah penerima.

Menurut Reed *et al.* (1995) dalam Kusnoputranto (1997), hadirnya bakteri patogen, seperti *E. Coli*, di perairan mengindikasikan bahwa telah terjadi masukan limbah cair dari kakus (jamban) ke perairan tersebut. Dengan ditemukannya bakteri patogenik di semua sampel, maka ketiga perairan sungai di daerah penelitian (SB, SM, dan ST) telah mengalami masukan limbah cair dari kakus. Hal ini terjadi karena ketiga sungai tersebut melintas di tengah permukiman Kota Manado menuju Teluk Manado. Lipp *et al.* (2001)

melaporkan bahwa limbah cair dari jamban di daerah wisata adalah penyebab utama infeksi pada manusia oleh bakteri patogen *Cryptosporidium*, *Giardia* dan enteroviruses di Sarasota Bay.

Perairan Teluk Manado sebagai daerah penerima buangan limbah cair dari permukiman, melalui selokan dan sungai, dapat terpengaruh; namun, pengaruh tersebut tergantung dari kualitas dan kuantitas limbah cair yang masuk. Oleh karena pengaruhnya terhadap ekosistem perairan dapat merugikan, maka limbah cair dapat dikategorikan sebagai bahan berbahaya bagi daerah pesisir dan laut (Ortiz-Hernandez and Saenz-Morales 1999).

Menurut Ruddle (1982), organisme laut (misalnya: jenis kerang-kerangan) yang merupakan bahan makanan yang dapat mengkonsentrasi bakteri dan virus (hepatitis, typhoid, dysentery dan cholera). Dengan demikian, mengkonsumsi makanan laut yang terkontaminasi oleh virus dan bakteri dapat menyebabkan infeksi pada manusia.

Tabel 3. Status kualitas air perairan sungai di lokasi penelitian

| Parameter                       | Lokasi     | Hasil Penelitian | Ambang Batas Baku Mutu <sup>1</sup> |      |       |       | Status        |
|---------------------------------|------------|------------------|-------------------------------------|------|-------|-------|---------------|
|                                 |            |                  | I                                   | II   | III   | IV    |               |
| BOD5 (mg/l)                     | S. Bailang | 2.00             | 2                                   | 3    | -     | 12    | CS            |
|                                 | S. Maasing | 17.67            |                                     |      |       |       | TCS           |
|                                 | S. Tondano | 3.50             |                                     |      |       |       | TC I, II      |
| NO <sub>3</sub> -N (mg/l)       | S. Bailang | 0.32             | 10                                  | 10   | 20    | 20    | CS            |
|                                 | S. Maasing | 0.03             |                                     |      |       |       | CS            |
|                                 | S. Tondano | 0.30             |                                     |      |       |       | CS            |
| PO <sub>4</sub> -P (mg/l)       | S. Bailang | 0.09             | 0.2                                 | 0.2  | 1     | 5     | CS            |
|                                 | S. Maasing | 1.86             |                                     |      |       |       | TC I, II, III |
|                                 | S. Tondano | 0.25             |                                     |      |       |       | TCS           |
| <i>E. coli</i> (EC) (MPN/100ml) | S. Bailang | >2420            | 100                                 | 1000 | 2000  | 2000  | TCS           |
|                                 | S. Maasing | >2420            |                                     |      |       |       | TCS           |
|                                 | S. Tondano | >2420            |                                     |      |       |       | TCS           |
| Coliform total (TC) (MPN/100ml) | S. Bailang | >2420            | 1000                                | 5000 | 10000 | 10000 | TC I          |
|                                 | S. Maasing | >2420            |                                     |      |       |       | TC I          |
|                                 | S. Tondano | >2420            |                                     |      |       |       | TC I          |

<sup>1</sup> PP RI, No. 82, 2001, ttg Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

CS: cocok untuk semua; TCS: tidak cocok untuk semua; TC: tidak cocok untuk

- I: Kelas I; air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- II: Kelas II, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/saranu rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- III: Kelas III, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan, mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- IV: Kelas IV, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

## Status Perairan

Tabel 3 menampilkan status kualitas air perairan sungai untuk ketiga sungai yang diamati (SB, SM, dan ST). Penilaian status kualitas air dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil pengukuran setiap parameter penelitian dan ambang batas baku mutu setiap parameter tersebut yang berlaku di Indonesia, menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PP), No. 82, tahun 2001), berdasarkan kelas peruntukan air (Kelas I-IV). Secara umum, hasil penilaian menunjukkan, kondisi kualitas air perairan ketiga sungai yang diamati bervariasi menurut parameter, dari "cocok untuk semua kelas" sampai dengan "tidak cocok untuk Kelas III".

Untuk perairan sungai SB, kondisi perairan "tidak cocok" untuk semua kelas peruntukan air, berdasarkan parameter EC; dan "tidak cocok" untuk peruntukan air Kelas I, berdasarkan parameter TC. Hal ini menunjukkan, air perairan SB tidak cocok diperuntukkan sebagai air baku air minum dan semua kelas peruntukan air yang berhubungan keberadaan mikroorganisme di air (misalnya: *E. coli*).

Untuk perairan sungai SM, kondisi perairan "tidak cocok" untuk semua kelas peruntukan air, berdasarkan parameter BOD<sub>5</sub> dan EC; "tidak cocok" untuk peruntukan air Kelas I, berdasarkan parameter P-PO<sub>4</sub> dan TC; dan "tidak cocok" untuk peruntukan air Kelas II dan III, berdasarkan parameter P-PO<sub>4</sub>. Hal ini menunjukkan, air perairan SM tidak cocok diperuntukkan bagi semua peruntukan air dalam keperluan sehari-hari masyarakat.

Untuk perairan sungai ST, kondisi perairan "tidak cocok" untuk semua kelas peruntukan air, berdasarkan parameter P-PO<sub>4</sub> dan EC; "tidak cocok" untuk peruntukan air Kelas I, berdasarkan parameter BOD<sub>5</sub> dan TC; dan "tidak cocok" untuk peruntukan air Kelas II, berdasarkan parameter BOD<sub>5</sub>. Hal ini menunjukkan, air perairan ST tidak cocok diperuntukkan sebagai air baku air minum, pembudidayaan/pemeliharaan ikan air tawar, dan peruntukan lainnya dalam kelas peruntukan air tersebut.

## KESIMPULAN

Beberapa hal dapat disimpulkan, yaitu:

- Tingkat kualitas air perairan sungai di S. Bailang, S. Maasing, S. Tondano, berdasarkan kandungan bahan organik (BOD<sub>5</sub>), an-organik (N-NO<sub>3</sub> dan P-PO<sub>4</sub>), dan mikroorganisme (EC dan TC), bervariasi di mana pada titik

pengambilan tertentu menunjukkan tingkatan yang lebih tinggi dari titik lainnya dalam satu aliran sungai.

- Kondisi kualitas perairan ketiga sungai tersebut (SB, SM, dan ST) berbeda secara tidak signifikan satu dengan lainnya ( $p>0.05$ ), kecuali berdasarkan parameter nitrat (N-NO<sub>3</sub>) yang menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan ( $p<0.01$ ).
- Status kondisi perairan sungai untuk SB, "tidak cocok" untuk semua kelas peruntukan air, berdasarkan parameter EC; dan "tidak cocok" untuk peruntukan air Kelas I, berdasarkan parameter TC. Untuk SM, "tidak cocok" untuk semua kelas peruntukan air, berdasarkan parameter BOD<sub>5</sub> dan EC; "tidak cocok" untuk peruntukan air Kelas I, berdasarkan parameter P-PO<sub>4</sub> dan TC; dan "tidak cocok" untuk peruntukan air Kelas II dan III, berdasarkan parameter P-PO<sub>4</sub>. Untuk ST, "tidak cocok" untuk semua kelas peruntukan air, berdasarkan parameter P-PO<sub>4</sub> dan EC; "tidak cocok" untuk peruntukan air Kelas I, berdasarkan parameter BOD<sub>5</sub> dan TC; dan "tidak cocok" untuk peruntukan air Kelas II, berdasarkan parameter BOD<sub>5</sub>.

**Ucapan terima kasih.** Penelitian ini dibiayai dari Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Nomor: 0748/023-04.2.01/27/2012, tanggal 9 Desember 2011, Satuan Kerja Universitas Sam Ratulangi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Penulis menyampaikan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam kegiatan penelitian dan penulisan artikel ini, khususnya kepada mahasiswa S1, PS Ilmu Kelautan, Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unsrat, yaitu: Roberto Larat, dan Alen Narasiang, yang terlibat dalam kegiatan pengambilan sampel.

## REFERENSI

- CLARK, J.R. (1992) *Integrated management of coastal zones*. Rome: FAO Fisheries Technical Paper. No. 327.
- DIONISIO, L.P.C., RHEINHEIMER, G. and BORREGO, J.J. (2000) Microbiological pollution of Ria Formosa (south of Portugal). *Marine Pollution Bulletin*, 40 (2), pp. 186-193.
- FOWLER, J. And COHEN, L. (1990) *Practical statistics for field biology*. Chichester: John Wiley & Sons.

- KARWUR, D.B., LASUT, M.T. and KUMURUR, V.A. (2009) *Studi pengelolaan limbah cair di Kota Pesisir Manado, Sulawesi Utara*. Unpublished report. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional.
- KUSNOPUTRANTO, H. (1997) *Air limbah dan ekskreta manusia: aspek kesehatan masyarakat dan pengelolaannya*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- LASUT, M.T., JENSEN, K.R., ARAI, T. and MIYAZAKI, N. (2005) An assessment of water quality along the rivers loading to the Manado Bay, North Sulawesi, Indonesia. *Coastal Marine Science*, 29 (2), pp. 124-132.
- LASUT, M.T., JENSEN, K.R. and SHIVAKOTI, G. (2008) Analysis of constraints and potentials for wastewater management in the coastal city of Manado, North Sulawesi, Indonesia. *Journal of Environmental Management*, 88, pp. 1141-1150.
- LIPP, E.K., FARRAH, S.A. and ROSE, J.B. (2001) Assessment and impact of microbial fecal pollution and human enteric pathogens in a coastal community. *Marine Pollution Bulletin*, 42 (4), pp. 286-293.
- ORTIZ-HERNANDEZ, M.C. and SAENZ-MORALES, R. (1999) Effect of organic material and distribution of fecal coliforms in Chetumal Bay, Quintana Roo, Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 55, pp. 423-434.
- REED, S.C., CRITES, R.W. and MIDDLEBROOKS, E.J. (1995) *Natural systems for waste management and treatment*. Second Edition. New York: McGraw-Hill, Inc.
- RUDDLE, K. (1982) Environmental pollution and fishery resources in Southeast Asian Coastal Waters. In: SOYSA, C. Et al., (eds.) *Man, Land and Sea*. Bangkok: the Agricultural Development Council, pp. 15-35.
- TARIGAN, A., LASUT, M.T. and TILAAAR, S. (2013). Kajian kualitas limbah cair domestik di beberapa sungai yang melintasi Kota Manado dari aspek bahan organik dan anorganik. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 1 (1), pp. 55-62.
- VANDERMEULEN, H. (1998) The development of marine indicators for coastal zone management. *Ocean & Coastal Management*, 39, pp. 63-71.
- WONG, P.P. (1998) Coastal tourism development in Southeast Asia: relevance and lesson for coastal zone management. *Ocean & Coastal Management*, 38, pp. 89-109.