

Diferensiasi Sumber Pencemar Sungai Menggunakan Pendekatan Metode Indeks Pencemar (IP) (Studi Kasus : Hulu DAS Citarum)

River Pollutant Sources Differentiation Using Pollution Index Method (Case Study : Upper Citarum Watershed)

Dyah Marganingrum, Dwina Roosmin, Pradono, dan Arwin Sabar

ABSTRAK. Hingga saat ini pencemaran air masih menjadi persoalan krusial di berbagai negara, khususnya di negara-negara berkembang termasuk Indonesia. Evaluasi tingkat pencemaran air secara berkala merupakan salah satu bentuk upaya dalam sistem pengelolaan sumberdaya air. Metode Indeks Pencemar (IP) merupakan salah satu metode analisis kualitas air yang diaplikasikan di Indonesia. Metode ini merupakan perhitungan relatif antara hasil pengamatan terhadap baku mutu yang berlaku. Sebagai metode indeks komposit, IP terdiri atas indeks rata-rata dan indeks maksimum. Indeks maksimum dapat memberikan indikator unsur kontaminan utama penyebab penurunan kualitas air. Unsur utama dapat dihubungkan dengan sumber pencemar, apakah dari domestik maupun

non domestik (industri). Studi kasus dilakukan di hulu DAS Citarum (segmen Wangisagara-Nanjung) menggunakan data historikal tahun 2002 s.d. 2010. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa *fecal coliform*, sulfida, dan fenol merupakan tiga unsur utama penurunan kualitas Sungai Citarum. *Fecal coliform* adalah parameter tipikal dalam limbah domestik. Fenol adalah parameter tipikal dalam limbah industri. Sedangkan sulfida bisa berasal dari domestik maupun industri. Hasil penelitian menunjukkan telah terjadi diferensiasi polutan dari sumber domestik saja menjadi domestik dan non domestik setelah tahun 2005.

KataKunci: sumberdaya air, Citarum, indeks pencemaran, sumber pencemar.

Naskah masuk : 11 September 2012
Naskah selesai revisi : 6 Mei 2013
Naskah diterima : 20 Mei 2013

Dyah Marganingrum
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang, Bandung 40135
E-mail : dmarganingrum@yahoo.com

Dwina Roosmini
Program studi Teknik Lingkungan-ITB
Jl. Ganesha 10, Bandung 40135
E-mail : dwinaroosmini@yahoo.com

Pradono
SAPPK-ITB
Jl. Ganesha 10, Bandung 40135
E-mail : pradono@pl.itb.ac.id

Arwin Sabar
Guru Besar Pengelolaan Sumberdaya Air
Jl. Ganesha 10, Bandung 40135
E-mail : arwinsabar@yahoo.com

ABSTRACT. The water pollution is a crucial issue in many countries, especially in developing countries, including Indonesia. Periodic evaluation of the water pollution level is one effort in water resources management system. The Pollution Index method (IP) is a method of water quality analysis applied in Indonesia. This method is a relative calculation between the observation data and the water quality standard. As the composite index method, IP consists of an average index and a maximum index. The maximum index can provide an indicator of main contaminant that caused degradation of water quality. The main contaminant can be correlated to the pollution sources, which are domestic and non-domestic (industrial) contaminants. A case study was conducted in the upper Citarum watershed (Wangisagara-Nanjung segment) using historical data from 2002 to 2010. The results showed that fecal coliforms, sulfides and phenols are the three main contaminants that

have caused the Citarum river degradation. Fecal coliform is the typical domestic contaminant. Phenol is the typical industry waste water contaminant and sulfide is a contaminant that can be derived from domestic and industry waste water contaminant. The results also indicated that there was a pollutant source differentiation from only domestic source to domestic and non-domestic sources after 2005.

Keywords: water resources, Citarum, pollution index, contaminant source.

PENDAHULUAN

Pencemaran sungai masih menjadi persoalan di berbagai negara, khususnya di negara berkembang termasuk Indonesia. Keterbatasan infrastruktur dan sumberdaya manusia disertai sistem monitoring dan penegakan hukum yang lemah menyebabkan tingkat pencemaran sungai semakin tinggi. Untuk mencegah pencemaran sungai semakin serius, diperlukan upaya pemantauan secara periodik. Pengelolaan dari aspek kualitas tidak semudah pada aspek kuantitas. *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) dapat memantau kuantitas air secara kontinu. Sebaliknya sistem monitoring kualitas yang dilakukan secara otomatis (*online system*) sulit untuk direalisasikan. Banyak kendala yang dihadapi dalam penerapan monitoring kualitas dengan sistem tersebut, antara lain masalah teknologi dan persoalan sosial. Kendala teknologi berkaitan dengan sifat atau karakteristik dari unsur pencemar. Perubahan konsentrasi dan bentuk senyawa dapat terjadi sepanjang pengaliran sungai. Selain karakteristik dari kontaminannya, faktor fisik hidrologis sungai juga berpengaruh, seperti lebar dan kedalaman sungai, arus, kecepatan, dan debit sungai. Berbagai proses fisika dan kimiawi yang terjadi antar unsur dalam senyawa kontaminan menambah pengelolaan kualitas air semakin kompleks. Oleh karena itu pengembangan metode monitoring kualitas sungai menjadi hal yang krusial dalam mendukung pembangunan berkelanjutan.

Monitoring kualitas sungai pada hakikatnya adalah untuk mengetahui status mutu sungai dalam periode waktu tertentu. Namun demikian, pengembangan metode monitoring tidak hanya sebatas mengetahui status mutu. Lebih dari itu

diharapkan dapat digunakan untuk memperkirakan indikasi sumber pencemar sungai agar dapat dilakukan upaya pengendalian yang tepat sasaran.

Hingga saat ini telah banyak dikembangkan metode indeks untuk melakukan penilaian terhadap status kualitas air. Penilaian status kualitas sungai merupakan bagian dari kegiatan dalam monitoring kualitas sumberdaya air. Menilai mutu air sungai dengan metode indeks pada hakikatnya adalah membandingkan hasil pemantauan dengan baku mutu yang berlaku (Rosemond et.al., 2009; Pejman et. al., 2009; Ionus, 2010; Altansukh dan Davaa, 2011; Milijasevic et. al., 2011; Arias et. al., 2012).

Penelitian ini menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003). IP merupakan salah satu metode penilaian kualitas air sungai yang sederhana dan mudah diterapkan. Nilai IP menunjukkan tingkat pencemaran yang sifatnya relatif terhadap baku mutu air (BMA) yang dipersyaratkan pada sumber air (sungai). BMA adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air (PP No. 82/2001). BMA sebagaimana yang dimaksud dalam PP No. 82/2001 ditetapkan berdasarkan hasil pengkajian kelas air dan kriteria mutu air. Berdasarkan peraturan yang sama, maka kriteria mutu air dibedakan menjadi empat kelas, yaitu:

- **Kelas satu**, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- **Kelas dua**, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- **Kelas tiga**, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- **Kelas empat**, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan

mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

LOKASI PENELITIAN DAN SUMBER DATA

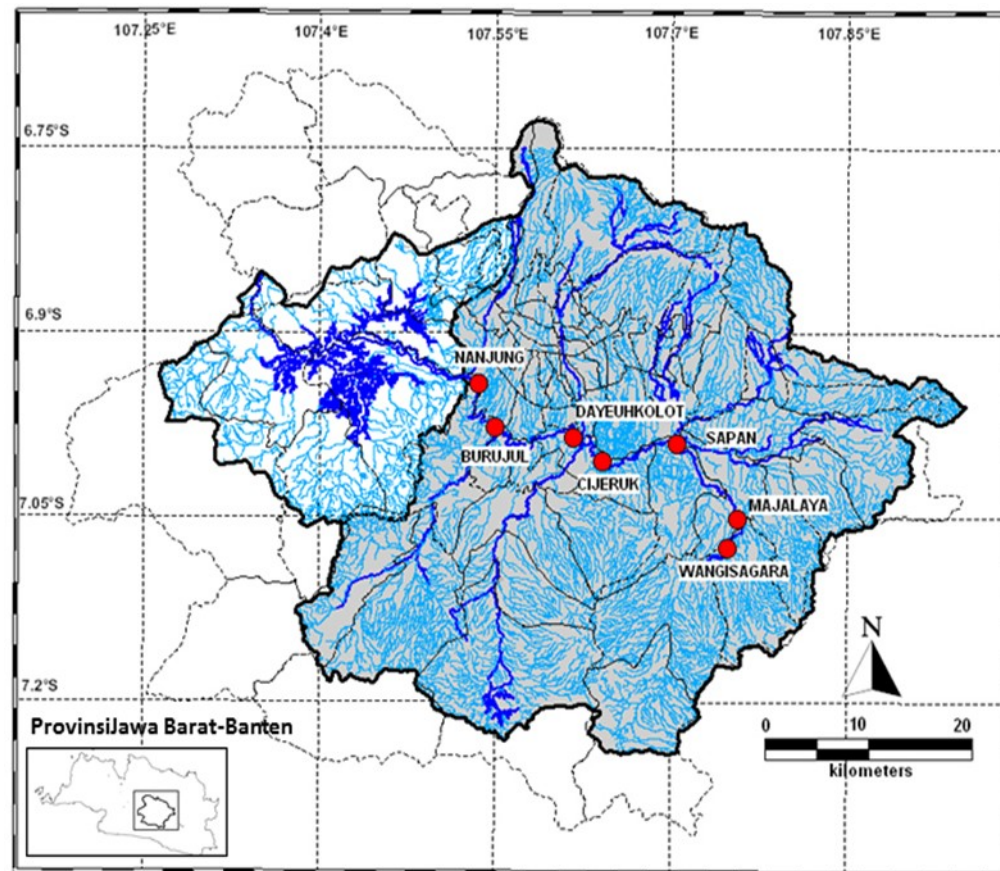
Penelitian dilakukan di hulu DAS Citarum. Lokasi penelitian meliputi tujuh titik monitoring kualitas air sungai Citarum yang terdiri atas Wangisagara, Majalaya, Sapan, Cijeruk, Dayeuhkolot, Burujul, dan Nanjung (Gambar 1). Tujuh titik tersebut dikaitkan dengan sumber-sumber pencemar yang mewakili setiap sub DAS. Analisis terhadap data historikal dilakukan terhadap data monitoring kualitas Sungai Citarum oleh Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi Jawa Barat sebagai pihak pelaksana. Seri data historikal yang digunakan adalah hasil pengamatan tahun 2002 hingga 2010 karena analisis data untuk tujuan pengelolaan sumberdaya air memerlukan seri data historikal yang cukup panjang.

METODE

Sebagai metode berbasis indeks, metode IP dibangun berdasarkan dua indeks kualitas. Yang *pertama* adalah indeks rata-rata (I_R). Indeks ini menunjukkan tingkat pencemaran rata-rata dari seluruh parameter dalam satu kali pengamatan. Yang *kedua* adalah indeks maksimum (I_M). Indeks ini menunjukkan satu jenis parameter yang dominan menyebabkan penurunan kualitas air pada satu kali pengamatan. Kategori penilaian kualitas air berdasarkan nilai IP adalah sebagai berikut (KepMen.LH, 2003):

- Memenuhi baku mutu : $IP \leq 1$
- Tercemar ringan : $1 < IP \leq 5$
- Tercemar sedang : $5 < IP \leq 10$
- Tercemar berat : $IP > 10$

Langkah awal perhitungan IP adalah membandingkan konsentrasi setiap parameter pencemar (C_i) dengan baku mutu (L_i), sehingga didapat nilai (C/L) hasil pengukuran untuk setiap parameter yang dimaksud. Apabila nilai (C/L)



Gambar 1. Peta lokasi Penelitian dan titik monitoring kualitas air Sungai Citarum (Sumber peta: Puslit Geoteknologi LIPI dan BPLHD Provinsi Jawa Barat dengan perbaikan).

lebih dari 1, maka ditentukan nilai (C/L) baru dengan menggunakan persamaan (1) berikut:

$$\frac{C}{L} \text{ baru} = 1 + 5 \log \frac{C}{L} \text{ pengukuran} \quad (1)$$

Jika nilai konsentrasi parameter menurun menunjukkan tingkat pencemaran meningkat (seperti DO), maka perlu dihitung terlebih dahulu nilai teoritik atau nilai maksimum dari parameter tersebut. Selanjutnya IP untuk parameter DO tersebut ditentukan dengan persamaan (2) berikut:

$$\frac{C}{L} = \frac{C_{im} - C_i \text{ (hasil pengukuran)}}{C_{im} - L_i} \quad (2)$$

Dimana C_{im} adalah nilai teoritik atau nilai maksimum dari parameter yang dimaksud. Misalkan untuk DO (*Disolved Oxygen*) maka nilai teoritiknya adalah nilai DO jenuh.

Sedangkan untuk parameter baku mutu yang memiliki rentang (seperti pH), maka penentuan IP menggunakan persamaan (3) atau (4) sebagai berikut:

Untuk $C_i \leq L_i$ rata-rata :

$$\frac{C}{L} = \frac{[C_i - L_{i \text{ rata2}}]}{[L_{i \text{ min}} - L_{i \text{ rata2}}]} \quad (3)$$

Untuk $C_i > L_i$ rata-rata :

$$\frac{C}{L} = \frac{[C_i - L_{i \text{ rata2}}]}{[L_{i \text{ max}} - L_{i \text{ rata2}}]} \quad (4)$$

Dimana $L_{i \text{ min}}$ dan $L_{i \text{ max}}$ masing-masing adalah batas rentang bawah dan batas rentang atas. Sedangkan $L_i \text{ rata2}$ adalah nilai rata-rata dari $L_{i(\text{min})}$ dan $L_{i(\text{max})}$.

Dari serial indeks (C/L) dihitung nilai rata-ratanya sebagai I_R dan ditentukan nilai maksimum sebagai I_M . Selanjutnya formulasi dari IP dirumuskan dengan persamaan (5) sebagai berikut:

$$IP = \sqrt{\frac{(I_R)^2 + (I_M)^2}{2}} \quad (5)$$

Nilai I_M menentukan jenis parameter utama dalam penurunan kualitas air. Dengan melakukan

modifikasi I_M pada beberapa parameter tertentu akan diketahui indikasi sumber pencemar utama pada sungai yang dimonitor. Modifikasi dilakukan dengan cara menghilangkan parameter yang menjadi I_M . Penghilangan I_M disesuaikan dengan parameter ke-i yang ingin diketahui efeknya satu persatu untuk mendeteksi sumber pencemar.

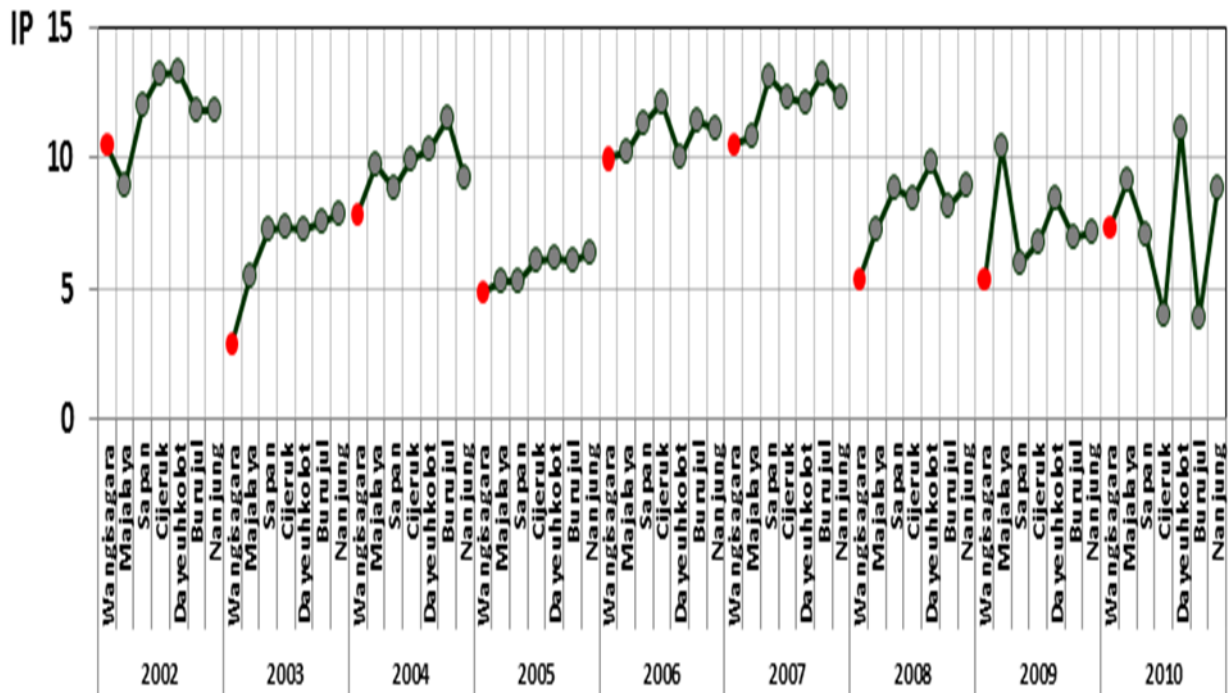
IP_o adalah IP berdasarkan hasil perhitungan dari seluruh parameter. Sedangkan IP_i adalah IP hasil perhitungan dengan menghilangkan parameter ke-i dalam perhitungan. Analisis dilakukan dengan membandingkan antara IP_o dan IP_i . Apabila terjadi perubahan secara signifikan, maka menunjukkan bahwa parameter ke i adalah signifikan mempengaruhi penurunan kualitas air. Beberapa parameter yang menjadi I_M dapat diuji untuk menunjukkan indikasi dari sumber polutan tertentu.

Standar baku mutu air (BMA) yang digunakan dalam penelitian ini adalah kriteria peruntukan air kelas II (PP 82/2001). Alasan penggunaan BMA tersebut karena kajian teknis peruntukan air Sungai Citarum belum dilakukan. Dalam kondisi dimana kajian teknis peruntukan sumber air belum dilakukan, maka BMA menggunakan kriteria peruntukan air kelas II, meskipun sumber air tersebut digunakan untuk berbagai kebutuhan air baku (PP 82/2001 pasal 5, pasal 9, pasal 11, pasal 12 ayat1).

HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Data kualitas sungai adalah data yang berkarakter acak. Hal ini mencerminkan karakter air itu yang bersifat *flowing* dan *dynamic* (Melquist,1991). Dengan demikian indeks yang menggambarkan status dari tingkat pencemaran sungai juga menunjukkan fluktuasi. Nilai IP di tujuh titik pemantauan kualitas air Sungai Citarum dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai IP berkisar antara 1 sampai dengan 10 menunjukkan bahwa Sungai Citarum, dari hulu (Wangisagara) hingga Nanjung (sebelum masuk Waduk Saguling) telah tercemar dengan kategori tercemar sedang hingga tercemar berat.

Berdasarkan analisis indeks maksimum (I_M) diketahui bahwa tiga parameter utama yang menyebabkan menurunnya kualitas Sungai Citarum adalah *fecal coliform*, sulfida, dan fenol. Tabel 1 menunjukkan parameter utama di setiap



Gambar 2. Nilai Indeks Pencemaran (IP_o) di tujuh titik pemantauan Sungai Citarum periode tahun 2002-2010.

titik pengamatan. Dari tabel yang sama terlihat bahwa dari tahun 2002 hingga tahun 2005, *fecal coliform* merupakan parameter dominan penyebab penurunan kualitas Sungai Citarum. Artinya, dalam kurun waktu 2002 s.d. 2005, *fecal coliform* menjadi nilai indeks maksimum dalam perhitungan dengan pendekatan metode Indeks Pencemaran (IP) untuk peruntukan air kelas II (PP 82/2001). Namun setelah tahun 2005, terjadi diferensiasi sumber pencemar. Tidak hanya *fecal coliform* yang menjadi parameter dominan, melainkan ada sulfida, fenol, nitrit, dan klorin.

Fecal coliform adalah indikator utama dalam limbah domestik. Standar BMA untuk parameter *fecal coliform* adalah <1000/100 mL. Sementara hasil monitoring menunjukkan bahwa jumlah *fecal coliform* di setiap titik pemantauan telah melebihi BMA yang dipersyaratkan (Gambar 3).

Limbah domestik memang menjadi salah satu sumber pencemar utama di Sungai Citarum. Keterbatasan infrastruktur sanitasi, baik dari segi jumlah dan kualitas, menyebabkan limbah

domestik sampai ke badan air tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Pertumbuhan populasi penduduk yang ditandai dengan semakin banyaknya pembangunan rumah tinggal, tidak diiringi dengan peningkatan infrastruktur sanitasi. Sementara fasilitas jaringan air kotor di Cekungan Bandung hanya terdapat di kota Bandung. Tingkat pelayanannya pun baru mencapai kurang dari 60% (Gambar 4).

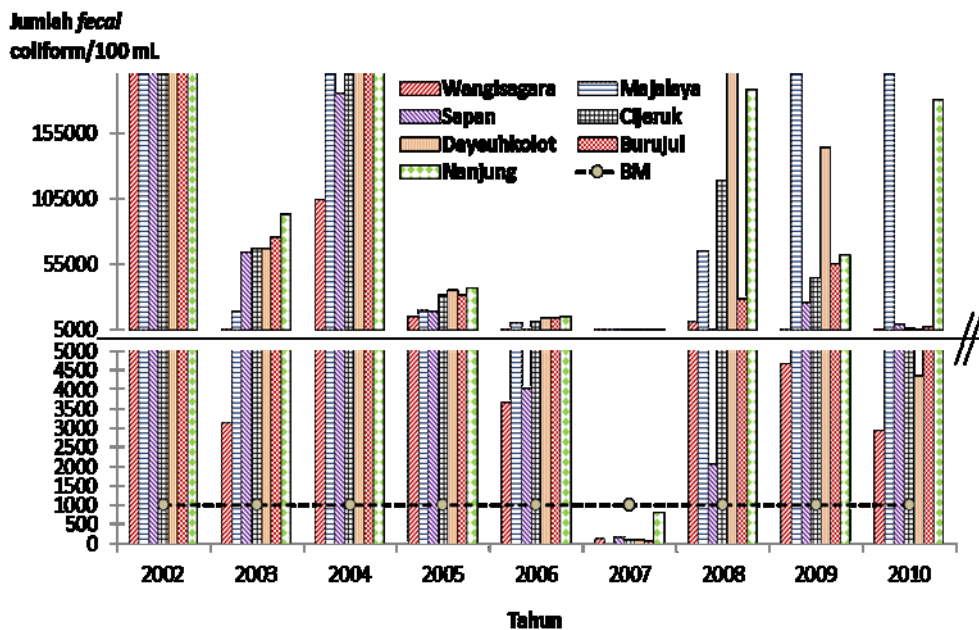
Berdasarkan penelusuran data tahun 2008 dari Dinas Kimrum, BPS, dan PDAM Kota Bandung menunjukkan bahwa fasilitas sanitasi yang ada di Cekungan Bandung hanya mampu melayani 8,6% timbulan limbah domestik.

Fasilitas sanitasi yang ada antara lain Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) di Kecamatan Cibeet, septik tank komunal di Kecamatan Baleendah, Soreang, dan Pangalengan, serta Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Kecamatan Bojongsoang (Kabupaten Bandung) untuk melayani masyarakat Kota Bandung (Bandung Timur dan Antapani). Masing-masing

Tabel 1. Parameter utama penyebab menurunnya kualitas Sungai Citarum berdasarkan metode Indeks Pencemaran.

Tahun	Wangisagara	Majalaya	Sapan	Cijeruk	Dayeuhkolot	Burujul	Nanjung
2002	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
2003	Fenol	Fenol	FC	FC	FC	FC	FC
2004	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
2005	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
2006	H ₂ S	H ₂ S	H ₂ S	Cl ₂	Cl ₂	H ₂ S	H ₂ S
2007	H ₂ S	H ₂ S	H ₂ S	H ₂ S	H ₂ S	H ₂ S	H ₂ S
2008	H ₂ S	FC	H ₂ S	H ₂ S	FC	H ₂ S	FC
2009	H ₂ S	FC	Fenol	FC	FC	FC	FC
2010	H ₂ S	FC	Nitrit	FC	Fenol	FC	FC

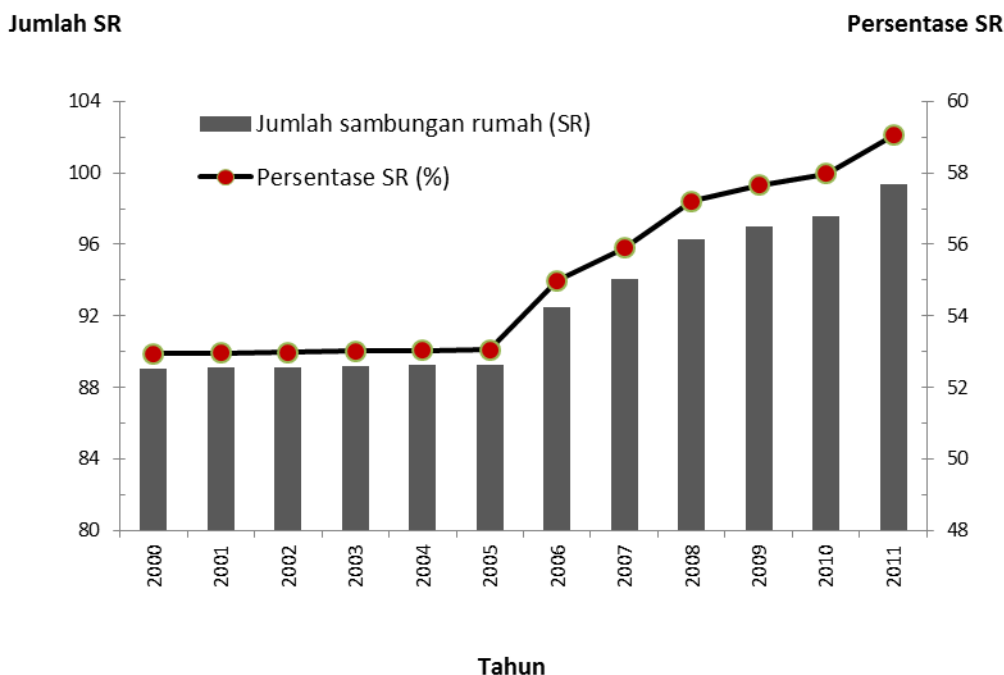
Keterangan: FC=fecal coliform



Gambar 3. Konsentrasi fecal coliform di tujuh titik pemantauan kualitas Sungai Citarum (Diolah dari data monitoring BPLHD Provinsi Jawa Barat).

fasilitas sanitasi tersebut melayani 25 KK, 144 KK, 150 KK, 5.698 KK, dan 80.835 KK (total 86.852 KK). Sementara jumlah KK yang ada di seluruh KSN Cekungan Bandung pada tahun 2008 sebanyak 1.013.675 KK (Tjokronegoro, 2010).

Berdasarkan data-data tersebut diatas, tidak mengherankan apabila limbah domestik yang ditunjukkan dengan parameter fecal coliform menjadi faktor utama dalam penurunan kualitas air Sungai Citarum. Fecal coliform mampu bertahan di lingkungan hingga maksimum 30 hari (Soemirat, 1994). Karamouz et.al. (2009)



Gambar 4. Jumlah sambungan dan persentase cakupan pelayanan jaringan air kotor (PDAM Tirtawening Kota Bandung, 2011).

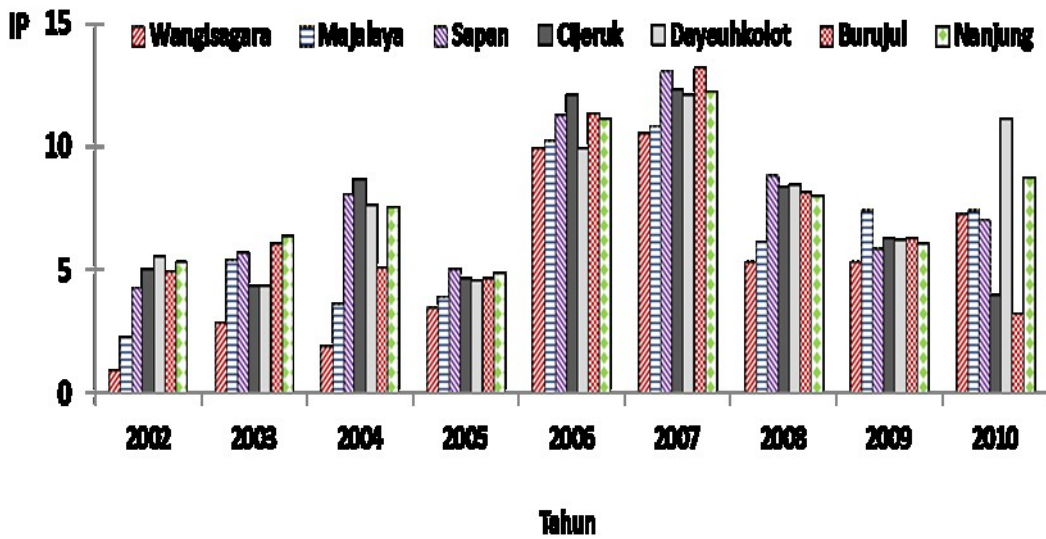
menyarankan periode monitoring kualitas parameter *fecal coliform* (*Escherichia coli*) adalah mingguan. Pengambilan sampel yang konsisten dan periodik akan sangat membantu guna mengetahui bagaimana fluktuasi yang sebenarnya berkaitan dengan sekresi limbah domestik yang ada di suatu kawasan. Fluktuasi tersebut cukup penting dalam rangka pengendalian pencemaran Sungai Citarum untuk masa yang akan datang.

Apabila parameter *fecal coliform* dikeluarkan dari perhitungan Indeks Pencemaran, maka nilai IP_i dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil perhitungan dengan metode tersebut menunjukkan nilai IP tahun 2002-2005 mengalami perubahan yang signifikan (ada perbedaan yang signifikan antara IP_o dan IP_i). Kategori mutu Sungai Citarum meningkat dari tercemar sedang-berat menjadi tercemar ringan-sedang (2002-2005). Ada indikasi bahwa limbah domestik adalah sumber polutan utama Sungai Citarum pada periode tersebut. Sementara nilai

IP tahun 2006 hingga 2010 tidak menunjukkan perubahan yang signifikan (dengan kata lain IP_o dan IP_i tidak ada perbedaan yang signifikan). Dengan kata lain bahwa periode 2006-2010, ada kontaminan lain yang menyebabkan penurunan kualitas Sungai Citarum.

Hasil analisis IP_M menunjukkan bahwa selain *fecal coliform*, fenol juga merupakan unsur kontaminan penyebab penurunan kualitas air Sungai Citarum. Fenol merupakan senyawa tipikal pada limbah cair industri. Kontaminan fenol terdeteksi sebagai kontaminan utama di titik Wangisagara, Majalaya, Sapan, dan Dayeuhkolot. Namun hasil monitoring secara keseluruhan menunjukkan bahwa konsentrasi fenol telah melebihi BMA di seluruh titik pemantauan (Gambar 6). Kondisi ini menjadi salah satu indikator bahwa IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) industri tidak dijalankan secara optimal. Pada Gambar 6 terlihat adanya anomali hasil pengamatan tahun 2007. Anomali dapat disebabkan karena kesalahan dalam teknis pelaksanaan monitoring. Kesalahan dapat terjadi

¹ IP_i dimana i menyatakan parameter *fecal coliform*

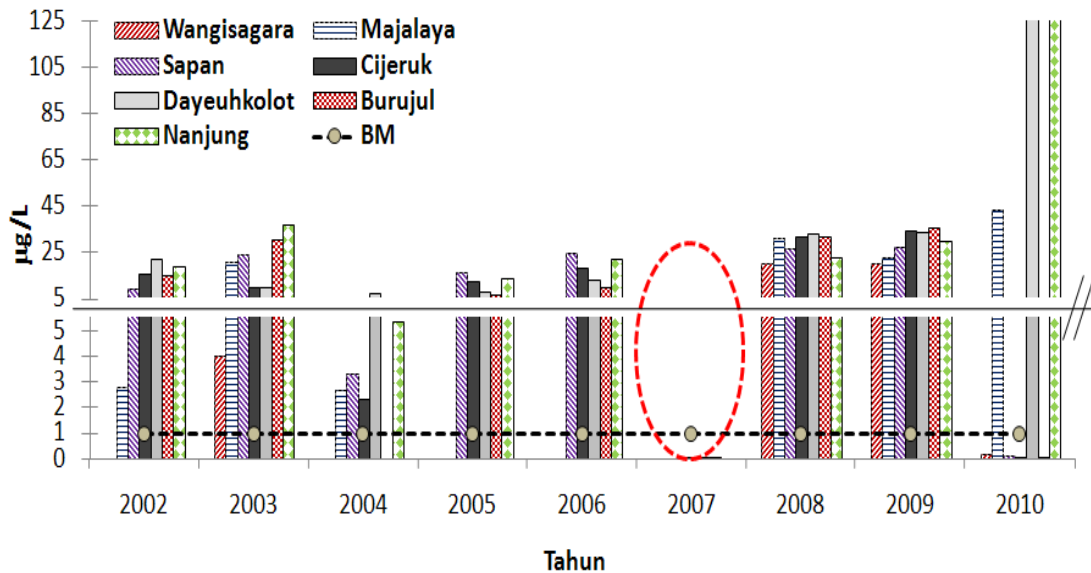


Gambar 5. Nilai Indeks Pencemaran Sungai Citarum dengan tidak menyertakan parameter *fecal coliform* dalam perhitungan (IP, dimana i=parameter *fecal coliform*) (Diolah dari data monitoring BPLHD Provinsi Jawa Barat).

pada saat pengambilan sampel maupun metode analisisnya.

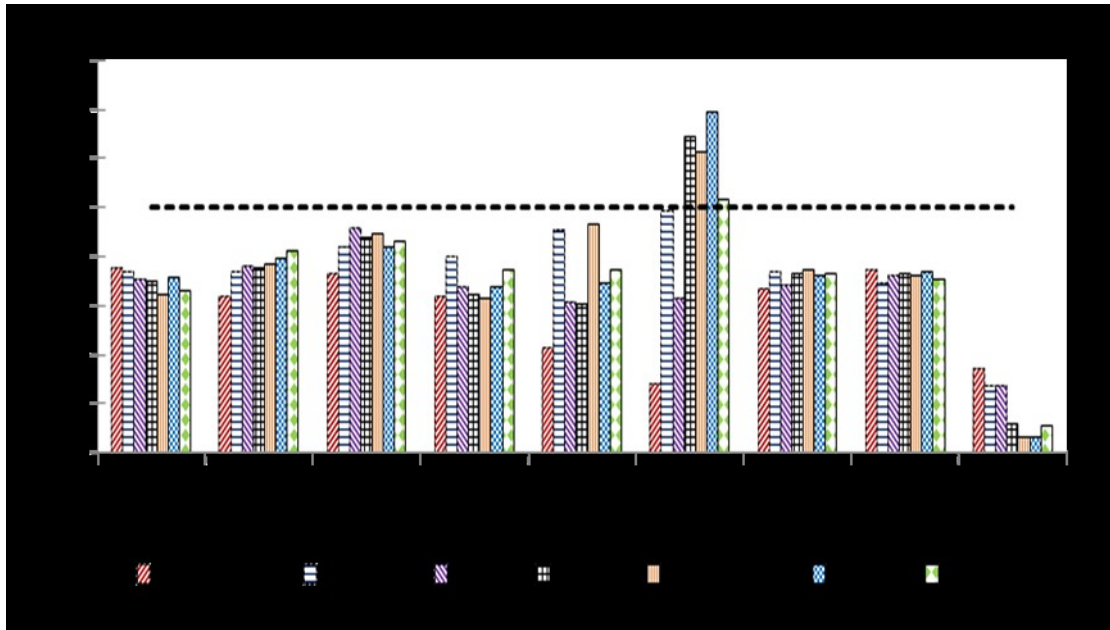
Sebagai bahan organik, fenol mempunyai sifat larut dalam air yang dapat menyebabkan iritasi kuat, racun terhadap kulit, dan dapat menyebabkan gangguan terhadap tenggorokan

(Milasari dan Ariani, 2010). Fenol dapat berasal dari industri pengolahan minyak, pabrik tekstil industri kayu lapis, pabrik pulp dan kertas (Pooter dkk., 1994). Fenol dapat terdegradasi secara alamiah oleh cahaya matahari (fotodegradasi). Namun proses degradasi



Gambar 6. Hasil monitoring kualitas air Sungai Citarum untuk konsentrasi fenol (Diolah dari data monitoring BPLHD Provinsi Jawa Barat).

berlangsung secara lambat sehingga



Gambar 7. Rasio BOD/COD hasil monitoring kualitas air di 7 titik pantau hulu DAS Citarum(Diolah dari data monitoring BPLHD Provinsi Jawa Barat).

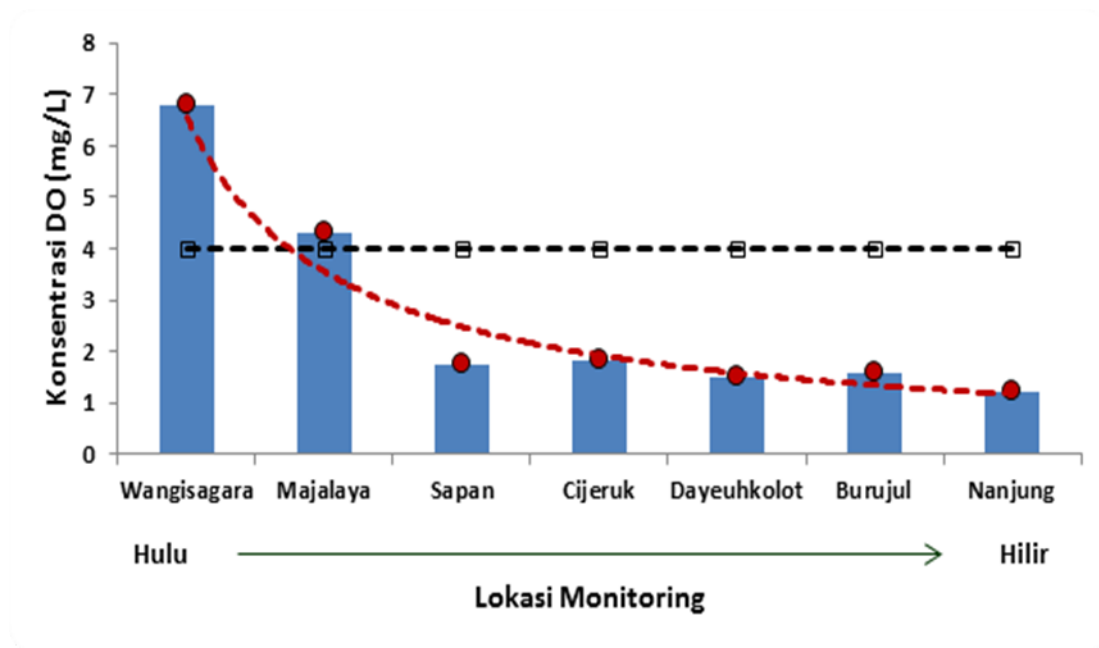
mengakibatkan akumulasinya lebih cepat daripada proses degradasinya (Mukaromah dan Irawan, 2008).

Indikasi kinerja IPAL industri yang tidak optimal diperkuat dengan nilai rasio BOD terhadap COD data hasil pengamatan. Semakin tinggi rasio BOD/COD menunjukkan bahwa limbah yang masuk badan air masih dapat diolah secara biologis (*biodegradable*). Kondisi sebaliknya menunjukkan *non biodegradable*. Hasil perhitungan data monitoring kualitas Sungai Citarum menunjukkan bahwa rasio BOD/COD kurang dari 0,5 (<50%), Gambar 7. Kondisi ini menunjukkan bahwa Sungai Citarum mengandung air limbah yang *non biodegradabel*.

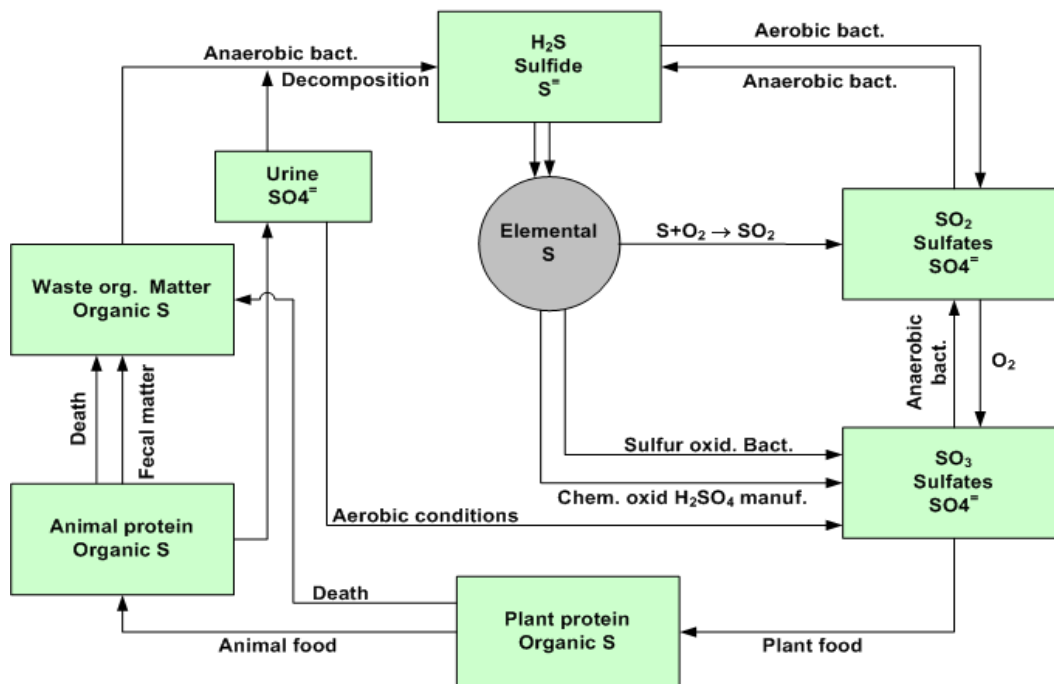
Limbah domestik relatif lebih *biodegradabel* daripada limbah industri. Menurut Mathiodakis dkk. (2006), air buangan perkotaan memiliki tipikal rasio BOD/COD berkisar 0,4 hingga 0,8. Sementara hasil monitoring kualitas air Sungai

Citarum rata-rata dibawah 0,4. Dengan demikian ada indikasi bahwa pencemaran limbah industri relatif lebih dominan daripada sumber limbah domestik (rumah tangga). Selain itu, Gambar 7 juga menggambarkan bahwa kinerja IPAL industri tidak optimal.

Selain fenol, sulfida dalam bentuk H_2S juga merupakan parameter dominan dalam penurunan kualitas air Sungai Citarum. Sumber pencemar sulfida masih memerlukan pengkajian lebih lanjut. Sulfida dihasilkan dari metabolisme protein. Limbah domestik, seperti urin mengandung material sulfatorganik (SO_4^-). Industri tekstil juga mengeluarkan limbah yang mengandung senyawa sulfat dari proses pencelupan maupun pewarnaan. Dalam kondisi *anaerob* (kurang oksigen) maka senyawa sulfat tersebut akan direduksi menjadi sulfida(Effendi, 2003).



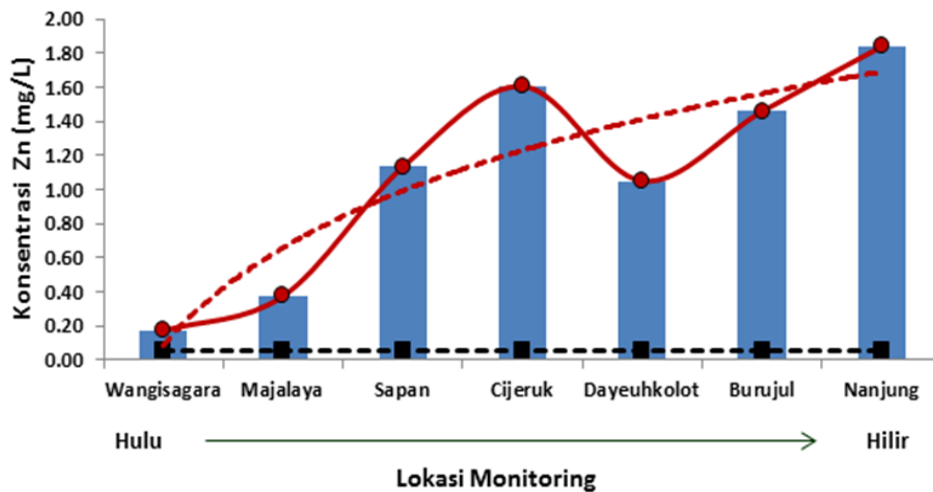
Gambar 8. Konsentrasi DO rata-rata (2002-2010) pada tujuh titik monitoring kualitas air Sungai Citarum.



Gambar 9. Siklus sulfur (modifikasi dari Sawyer and McCarty, 1978).

Hasil analisis data pemantauan kualitas, menunjukkan bahwa kadar oksigen terlarut (DO) Sungai Citarum berada di bawah BMA yang dipersyaratkan untuk peruntukan air kelas II (Gambar 8). Dengan demikian dapat dikatakan

bahwa proses reduksi sulfat menjadi sulfida dapat terjadi selama pemantauan. Namun demikian perlu dikaji lebih lanjut mengenai perubahan bentuk senyawa sulfur, baik dari sumber domestik maupun industri. Perubahan senyawa



Gambar 10. Konsentrasi Seng (Zn) rata-rata (2002-2010) pada tujuh titik Monitoring kualitas air Sungai Citarum.

sulfur dalam perairan alami, baik sulfur dari limbah domestik maupun industri cukup penting. Hal ini diperlukan untuk membedakan dengan jelas mengenai sumber pencemar utama Sungai Citarum agar dapat dilakukan sasaran prioritas pengelolaan. Gambar 9 menunjukkan siklus sulfur di alam.

Selain tiga parameter utama (*fecal coliform*, sulfida, dan fenol) serta BOD-COD, ada beberapa parameter lain yang juga melebihi BMA pada beberapa titik dan tahun pengamatan. Parameter yang dimaksud antara lain adalah Seng (Zn), (Gambar 10). Konsentrasi Zn semakin meningkat dari hulu (Wangisagara) hingga ke hilir (Nanjung). Seng adalah salah satu kontaminan yang bersifat konservatif atau tidak terurai. Terdapat kecenderungan peningkatan konsentrasi seng dari hulu ke hilir. Akumulasi Zn hingga ke Nanjung tentu merupakan ancaman bagi Waduk Saguling sebagai infrastruktur sumberdaya air yang bersifat strategis nasional.

Seng (Zn) merupakan salah satu logam yang berasal dari kegiatan industri seperti keramik, kosmetik, pigmen, dan karet. Meskipun toksisitas Zn adalah rendah, namun dalam konsentrasi yang tinggi dapat bersifat racun. Apabila Zn ada dalam air minum dapat menimbulkan gejala muntaber (Soemirat, 1994).

KESIMPULAN

Melalui metode IP dapat diperoleh informasi mengenai parameter utama penyebab penurunan kualitas air Sungai Citarum. Dari parameter utama tersebut dapat dikaitkan dengan senyawa tipikal yang terdapat pada pencemar domestik atau non domestik. Pada hakikatnya kontaminan yang berasal dari limbah domestik dapat diproses secara alami melalui mekanisme *self purification*. Namun hasil analisis oksigen terlarut menunjukkan bahwa Sungai Citarum mengalami defisit oksigen. Hal ini menyebabkan proses *biodegradabel* tidak berlangsung secara maksimal.

Tiga parameter utama yang berperan dalam meningkatkan IP di hulu DAS Citarum (titik pantau Wangisagara hingga Nanjung) adalah *fecal coliform*, sulfida, dan fenol.

Hasil analisa IP menunjukkan bahwa pencemaran domestik dan industri memberikan kontribusi beban yang sama berat dalam penurunan kualitas Sungai Citarum. Oleh karena itu infrastruktur sanitasi dan pengolahan limbah domestik perlu ditingkatkan dan atau dikembangkan. Secara paralel monitoring operasional IPAL industri juga perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya *overloading* yang terakumulasi dan berkepanjangan. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja infrastruktur pengelolaan limbah cair domestik dan industri sangat minim.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Institut Teknologi Bandung yang telah memberikan dukungan dana dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Altansukh, O, dan Davaa, G., 2011. Application of Index Analysis to evaluate the water quality of the Tuul River in Mongolia. *Journal of Water Resources and Protection*. 3, 398-414.
- Arias, H.R., Caraveo, M.C., Quintania, R.M., Teran, R.A.S, dan Munguia, A.P., 2012. An Overall Water Quality Index (WQI) for man made aquatic reservoir in Mexico. *Int.J. Environ.Res. Public Health*. 9. 1687-1698.
- BPLHD Provinsi Jawa Barat (2010): Data Monitoring Kualitas Air Sungai Citarum Tahun 2002-2010.
- Effendi, H, 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Penerbit Kanisius-Yogyakarta.
- Ionus, O, 2010. Water Quality Index-Assesment Method of the Motru River water quality (Oltenia-Romania). *Geography Series*. Vol.13.
- Karamouz, M., Kerachian, R., Akhbari, M., Hafez, 2009. Design of river water quality monitoring networks: A case study. *Environ Model Assess*, 14, 705-714.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air (Lampiran II).
- Melquist, P., 1991. *River Conservation and Management*. John Wiley & Son.
- Milasari, Nurita I, dan Ariani, Sukma B, 2010. Pengolahan Limbah Cair Kadar COD dan Fenol Tinggi dengan Proses Anaerob dan pengaruh Mikronutrient Cu: Kasus Limbah Industri Janu Tradisional. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro.
- Milijasevic, D., Milanovic, A., Brankov, J dan Radovanovic, M., 2011. Water quality assesment of the Broska Reka River using the WPI (Water Pollution Index Method). *Arch.Biol.Sci.*, Belgrade, 63 (3), 819-824.
- Mukaromah, Ana Hidayati dan Irawan, Bagus, 2008. Pemanfaatan Reaktor Membran Foto Katalitik Dalam Mendegradasi Fenol dengan Katalis TiO₂ dengan Adanya Ion Logam Fe(III) dan Cu(II). *E-Jurnal Unimus Vol.I, No.1*, 2008: 308-322
- PDAM Tirtawening Kota Bandung, 2011. *Data Cakupan Pelayanan air Kotor Kota Bandung*.
- Pejman, A.H., Bidhendi G. R. N., Karbassi, A. R., Mehrdadi, N., dan Bidhendi, M. E, 2009. Evaluation of spatial and seasonal variations in surface water quality using Multivariate Statistical Techniques. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 6 (3), 467-476.
- Peraturan Pemerintah (PP) RI, No. 82 Tahun 2001 tentang Pengeloaan Kualitas Air dan pengendalian Pencemaran Air.
- Pooter, C., Soeparwadi, M., dan Widyantoro, A., 1994. *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia: Sumber, Pengendalian, dan Baku Mutu*. Report Project of The Ministry of State for The Environmental, Republic of Indonesia and Dalhousie University, Canada.
- Rosemond, Simone de, Duro, Dennis C. dan Dubé, Monique, 2009. Comparative analysis of regional water quality in Canada using the Water Quality Index. *Environ Monit Assess.*,156, 223–240, DOI 10.1007/s10661-008-0480-6.
- Sawyer, C.N dan McCarty, P. L., 1978. *Chemistry for Environmental Engineering*. Third Edition. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Soemirat, J, 1994. *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tjokronegoro, M, 2010. *Kontribusi Aktivitas Pemanfaatan Lahan Di Kawasan DAS Citarum Hulu Terhadap Pencemaran Air*. Thesis Magister - Program Studi Teknik Lingkungan ITB.

Citarum, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48,
49
indeks pencemaran, 37

pencemaran, 37, 38, 40, 41, 44, 46, 48
sumber pencemar, 37, 41, 42
sumberdaya air, 37, 38, 40, 48