

ESTIMASI BEBAN PENCEMARAN *POINT SOURCE* DAN LIMBAH DOMESTIK DI SUNGAI KALIBARU TIMUR PROVINSI DKI JAKARTA, INDONESIA

Estimation of Point Source and Domestic Waste Loads of East Kalibaru River Province DKI Jakarta, Indonesia

Rahmat Pangestu^a, Etty Riani^b, Hefni Effendi^b

^aProgram Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Baranangsiang, Bogor Agricultural University (IPB), Bogor 16144 — rahmatpangestu99@gmail.com

^bDepartemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

Abstract. East Kalibaru River is one of the thirteen rivers flowing through Jakarta. East Kalibaru River has an important role in development of the region. Considering the increasing activities of people, settlements and number of industries along the East Kalibaru River, it is necessary to calculate contaminants load that discharged into the water body East Kalibaru. This study conducted to determine the point source and domestic waste pollution loads, using parameters of BOD, COD and TSS. The analysis showed that the total pollution loads such are calculated as 43.714 kg/day for BOD, 60.107 kg/day for COD and total 41.529 kg/day for TSS. Total pollution load discharged into river from point source effluent is amounted of 249 kg/day for BOD, 1.505 kg/day for COD and total 411 kg/day for TSS. Effect of domestic waste is very insignificant compared to the effect of point source that went into the river. The result suggest that approach that need to be done to reduce the burden of domestic waste water pollutants is by performing additional production or communal Wastewater Treatment Plant (WWTP) in densely populated areas.

Keywords: Domestic waste, east Kalibaru River, pollutant load, point source.

(Diterima: 14-03-2017; Disetujui: 24-05-2017)

1. Pendahuluan

Secara umum, sumber pencemaran dapat dikategorikan dalam dua jenis, pencemaran *point source* dan *non-point source*. Pencemaran *point source* adalah sumber dari identifikasi lokal tunggal/tunggal. *Point source* relatif mudah untuk diidentifikasi, diukur dan dikontrol. Pencemaran *point source* termasuk debit dari pabrik pengolahan limbah Kota dan pabrik industri (Peavy *et al.*, 1985). Sumber tidak langsung (*nonpoint source*) dan sumber langsung (*point source*) dapat diintegrasikan dengan aplikasi Arcgis agar dapat mengetahui titik dan sumber yang menjadi satu dimensi dalam peta (Komaruddin, 2015). Salah satu indikator pencemaran di sungai adalah parameter BOD. Nilai BOD dapat mempengaruhi kemampuan sungai untuk pulih kembali atau *self purification* (Nugraha, 2007; Hindriani, 2013). Kemampuan air untuk membersihkan diri secara alamiah dari berbagai kontaminan dan pencemar dikenal sebagai pemulihan diri atau *self purification* (Imhof, 1979).

Sejak 1970-an, degradasi kualitas air telah dianggap sebagai hotspot di dunia karena air adalah inti dari kehidupan dan tidak memiliki pengganti (Luo *et al.*, 2006). Aktivitas maupun kegiatan di sepanjang sungai akan menghasilkan polutan berupa beban pencemaran yang harus diperkirakan total beban untuk pengelolaan lingkungan yang tepat. Sulit untuk mengidentifikasi

diffuse source untuk menentukan beban yang mempengaruhi suatu ekosistem sungai (Yuhong, 2010). Di beberapa daerah pinggiran sungai, sistem pembuangan kotoran belum tersedia sehingga limbah langsung dibuang ke sistem air, limbah onsite dan septic tank. Rembesan dan permukaan *run-off* dari limbah septic tank ini merupakan bentuk pencemaran *non-point source* dan *diffuse source*.

Aliran dan kualitas air pada sungai tersebut sangat penting dalam memprediksi beban polutan dalam badan air (Abdul *et al.*, 2009). Air hujan yang jatuh di permukaan jalan dapat terkontaminasi dengan minyak mobil, debu, kotoran hewan, tanah, sedimen Di daerah perkotaan curah hujan sebagai *run-off* (aliran air permukaan) adalah salah satu sumber *nonpoint source* utama pencemaran yang dapat mempengaruhi kualitas air sungai.

Pengaturan jumlah bahan pencemar yang dapat dibuang ke sungai didasarkan atas kajian ilmiah tentang daya tampung beban pencemaran pada sungai. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa bahan pencemar yang dibuang ke sungai tidak melampaui kemampuan air sungai untuk membersihkan sendiri. Potensi pencemaran di daerah aliran sungai Kalibaru Timur diperkirakan tinggi. Tingginya tingkat pencemaran di sungai tersebut disebabkan oleh tingginya jumlah limbah pencemar yang masuk dari daratan ke sungai sehingga menambah beban pencemaran dari tahun ke tahun.

Mengingat semakin banyaknya aktivitas warga, bertambahnya pemukiman serta bertambahnya industri di sepanjang Sungai Kalibaru Timur, maka perlu diketahui total Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) Sungai Kalibaru Timur. Perhitungan DTBP digunakan untuk menghitung beban pencemaran akibat adanya aktivitas maupun kegiatan manusia di sepanjang sungai (Amaya, 2012).

Penelitian bertujuan untuk mengetahui nilai beban pencemaran *point source* dan limbah domestik dengan perhatian khusus pada parameter BOD, COD, TSS dengan melakukan perintegrasian dengan *Geographic Information Systems* (GIS) di sepanjang aliran sungai Kalibaru Timur.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Sungai Kalibaru Timur merupakan satu dari tigabelas sungai yang mengalir di Provinsi DKI Jakarta yang sangat berperan penting dalam kegiatan pembangunan (industri dan pemukiman). Pada Tabel 1 dapat dilihat lokasi pemantauan air sungai Kalibaru Timur. Kota Jakarta terletak di antara *latitude* and *longitude* 5°19'12"S - 6°23'54"S dan 106°22'42"E - 106°58'18"E dengan luas area sebesar 661.52 km². Penelitian dilaksanakan pada bulan July-September Tahun 2015. Sungai Kalibaru Timur sering disebut dengan *Kali Sentiong* yang melintasi 3 wilayah administrasi mengalir dari Jakarta Timur, Jakarta Pusat sampai Jakarta Utara dan memiliki panjang 29,230 km. Jakarta memiliki ketinggian bervariasi dari 0 m sampai 76 m di atas permukaan laut. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Metoda sampling yang digunakan adalah *purposive sampling* dimana metode ini digunakan untuk mendapatkan informasi dari sekelompok sasaran secara spesifik, pengambilan sampel terbatas pada jenis responden tertentu sehingga dapat memberikan informasi yang diinginkan berdasarkan pertimbangan tertentu (Sekaran, 2006).

Tabel 1. Titik lokasi pemantauan air sungai

Titik Pemantauan	Titik Sampling	
	X	Y
KB1	106.859822	-6.353519
KB2	106.871264	-6.290606
KB3	106.865467	-6.263908
KB4	106.869861	-6.231694
KB5	106.861783	-6.211244
KB6	106.862144	-6.310872
KB7	106.851547	-6.186203
KB8	106.851681	-6.181325
KB9	106.852408	-6.164700
KB10	106.858944	-6.155300
KB11	106.856639	-6.140247

Ket : X = Longitude
Y = Latitude

2.2. Prosedur Penelitian

a. Perhitungan beban pencemaran

Penerapan model beban pencemaran untuk studi Sungai Kalibaru Timur dibuat untuk mempertimbangkan setidaknya 2 sumber yaitu (1) penduduk menghasilkan limbah domestik dan sampah di lingkungan maupun di sepanjang sungai, dan (2) industri (*point source*) melalui proses manufaktur. Aspek tersebut dapat mengalir dalam sistem air dalam sub-DAS dan akan berakhir di bagian terendah dari DAS, dalam hal ini sungai Kalibaru Timur. Peraturan Pencemaran Beban mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 1 Tahun 2010 tentang tata laksana pengendalian pencemaran air yang mengkuantifikasi jumlah beban pencemaran pada sumbernya, output dari yang beban yang sebenarnya dibuang ke perairan. Pada Tabel 2 dapat kita lihat perhitungan beban pencemaran menggunakan unit pendekatan beban.

Tabel 2. Perhitungan beban pencemaran menggunakan unit pendekatan beban

Jenis Beban / Limbah	Beban Unit	Satuan Unit
Limbah Domestik	Faktor emisi per-penduduk	X Jumlah Penduduk
Limbah Industri (<i>Point Source</i>)	Konsentrasi Limbah Cair	X Debit Limbah cair

Secara umum, data yang digunakan dalam studi ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer meliputi pengukuran hidrometri saluran sungai meliputi kemiringan sungai, lebar sungai, kemiringan sisi sungai, kelas lereng sungai, kecepatan arus, luas penampang basah, debit sungai dengan metode pelampung.

b. Perhitungan Beban Pencemaran Rumah Tangga (Limbah Domestik)

Menurut Iskandar (2007), Potensi beban pencemaran (PBP) limbah domestik dihitung menggunakan persamaan 1.

$$PBP = \alpha \times \text{Jumlah Penduduk} \times \text{Faktor effluent} \times \text{rek} \quad (1)$$

Keterangan :

PBP = Potensi Beban Pencemar

α = koefisien *run off* rasio;

Kota = 1;

Pinggiran kota = 0.8125;

Pedalaman = 0.652

rek = rasio ekuivalen kota

faktor effluent =

BOD = 0.04 kg/hari;

COD = 0.055 kg/hari;

TSS = 0.038 kg/hari

KLH (2013) dalam kajian perhitungan beban pencemaran di sungai Barito besaran nilai α dibagi menjadi 3 kelas sebagai berikut:

- 1) Nilai α = 1 (daerah berjarak antara 0 sampai 100 meter dari sungai).
- 2) Nilai α = 0.85 (daerah berjarak diantara 100 – 500 meter dari sungai).

3) Nilai $\alpha = 0.3$ (daerah berjarak lebih besar dari 500 meter dari sungai).

rek adalah rasio ekivalen kota yang menyatakan perbedaan beban limbah domestik yang dihasilkan antara wilayah perkotaan, pinggiran dan pedalaman.

Nilai besaran *run off* rasio tersebut dengan nilai 1 untuk daerah Kota, 0.8125 pinggiran kota dan 0.652 untuk pedalaman. Nilai faktor effluent dari limbah domestik adalah sebagai berikut: untuk BOD sebesar 0.04 kg/hari, COD sebesar 0.055 kg/hari dan TSS sebesar 0.038 kg/hari.

c. Perhitungan Beban Pencemaran Sampah

Besarnya sampah yang masuk ke sungai diperkirakan dengan menggunakan asumsi bahwa kemampuan pemerintah dan masyarakat dalam menangani sampah tersebut terbatas (KLH, 2012). Estimasi jumlah sampah yang dihasilkan per orang per hari menggunakan perkiraan jumlah sampah yang dihasilkan setiap individu per hari menurut katagori kota, hasil kajian Kementerian Lingkungan Hidup.

Penelitian yang dilakukan oleh Inegi dan Semarnap dalam Fadly (2008) menyatakan bahwa 1 kg sampah organik memiliki nilai BOD sebesar 2.82 gr. Nilai

inilah yang menyatakan beban BOD sampah tersebut. Perhitungan potensi beban sampah dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Beban BOD sampah (kg/hr)} = \text{Sampah (kg/hr)} \times (2.82/1000) \dots\dots\dots (2)$$

Untuk nilai COD dihitung dengan menggunakan asumsi $\text{COD} = 1.375 \times \text{BOD}$, sedangkan $\text{TSS} = 0.95 \times \text{BOD}$ (KLH, 2012).

d. Pembagian Segmen

Pada pemodelan kualitas air sungai memerlukan pembagian segmen Sungai ataupun DAS. Pemodelan kualitas air sungai Kalibaru Timur Provinsi DKI Jakarta diperlukan pembagian segmen sungai sehingga mempermudah untuk menentukan persebaran potensi sumber pencemar dan sumber bukan pencemar yang terdapat disepanjang sungai. Pembagian segmentasi sungai berdasarkan peta penggunaan lahan, Morfologi sungai, Wilayah Pengaliran Drainase (WPD), titik sampling, wilayah adminstrasi, Pembagian segmen selanjutnya menjadi dasar penyusunan skematik model QUAL2Kw.



Gambar 1. Peta area penelitian

e. Perhitungan beban pencemaran Point Source

Dasar dari pendekatan perhitungan beban industri adalah dimana total debit air limbah per sektor industri dikalikan dengan konsentrasi rata-rata dalam air limbah industri per sektor. Sumber data kualitas dan kuantitas air limbah point source diperoleh dari hasil analisis dan pengukuran langsung di lapangan, data hasil pantau atau laporan periodik penataan ijin pembuangan air limbah. Data koordinat lokasi keberadaan *point source* diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan dengan menggunakan alat GPS. Titik koordinat digunakan untuk mengetahui posisi geografis *point source* terhadap segmen sungai tempat pembuangan limbahnya.

f. Metode Aplikasi QUAL2Kw

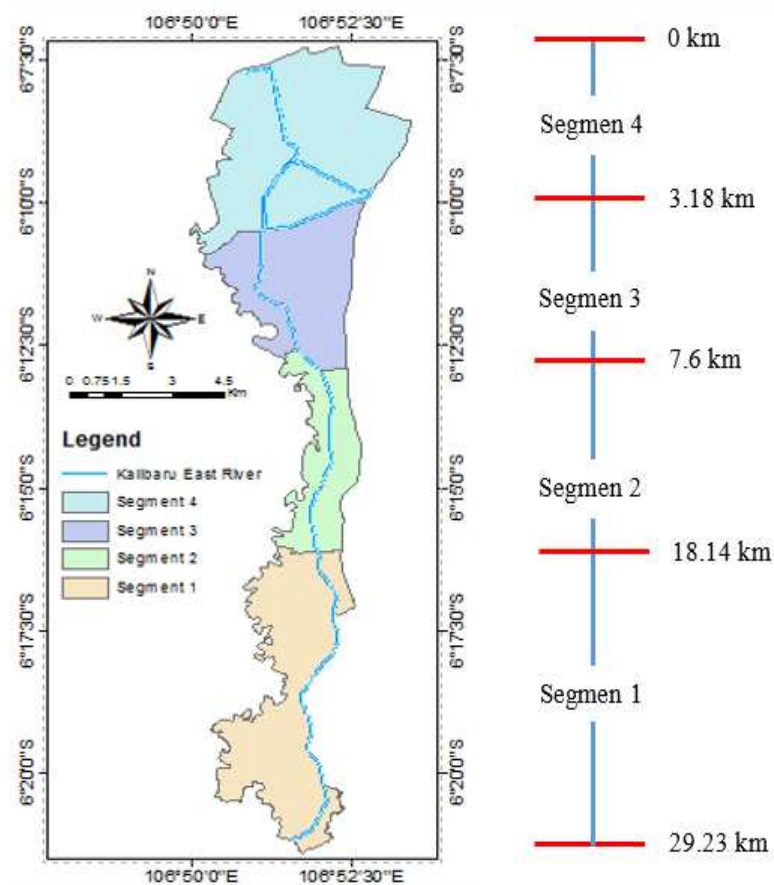
Model QUAL2Kw memiliki kelebihan adanya perlengkapan untuk mengkonversi kematian alga menjadi carbonaceous BOD (CBOD) sehingga lebih sesuai untuk perairan yang terdiri dari macrophyte. QUAL2Kw adalah model kualitas air sungai yang dimaksudkan untuk mewakili versi modern dari model QUAL2E (Brown dan Barnwell 1987). Komaruddin (2015) menyebutkan perkiraan beban pencemaran dilakukan dengan menghitung beban pencemar air yang sesuai dengan pola ruang jaringan sungai atau segmen sungai (*instream*) dan wilayah pengaliran drainase (*offstream*). Permodelan QUAL2Kw oleh pengguna memiliki kemampuan untuk secara otomatis mengkalibrasi untuk parameter - parameter yang akan dihitung serta memungkinkan aplikasi tersebut melakukan tingkat *auto-kalibrasi*. Pemodelan QUAL2Kw memiliki tujuan untuk memperoleh grafik profil cemar sungai aktual maupun masa akan datang dengan penyederhanaan kondisi sungai di lapangan ke dalam bentuk model.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Potensi Beban Pencemaran Point Source

Seluruh potensi beban pencemaran parameter yang dihitung yaitu BOD, COD dan TSS dari sumber pencemar terpusat (BTP) disajikan pada Tabel 3. Total beban pencemaran parameter BOD yang masuk ke dalam badan sungai sebesar 249.66 kg/hari, total pencemaran COD sebesar 1,505.02 kg/hari, dan total pencemar parameter TSS sebesar 411.70 kg/hari. Perhitungan ketiga nilai beban pencemaran tersebut dibagi menjadi 4 segmen sesuai inventarisasi dan identifikasi *point source* yang masuk ke badan sungai.

Terdapat berbagai jenis kegiatan industri yang berada sepanjang sungai Kalibaru Timur. Data inventarisasi di kegiatan formal dan non-formal di sepanjang wilayah sungai Kalibaru Timur bagian hulu sungai banyak didominasi daerah permukiman dan industri serta daerah bisnis/pasar, namun untuk di wilayah tengah sampai hilir di dimonasi oleh permukiman dan pusat-pusat perbelanjaan. Dilihat dari debit maupun konsentrasi yang dibuang oleh perusahaan atau industri yang terbesar adalah pusat perbelanjaan yang berada pada segmen 1, namun jumlah beban pencemar yang masuk ke badan sungai tersebut tidak mempengaruhi kualitas air sungai Kalibaru Timur.



Gambar 2. Segmentasi Sungai Kalibaru Timur

Tabel 3. Potensi beban pencemaran *point source* di Sungai Kalibaru Timur.

Segmen	Industri	Beban Pencemaran (kg/hr)		
		BOD	COD	TSS
1	Komponen Mesin, Kimia atau Farmasi, Elektronik, Makanan dan Susu, Farmasi atau Kosmetik, Pusat Perbelanjaan	134.16	756.92	248.87
2	Rumah Sakit, Perumahan	32.18	309.59	31.62
3	Perumahan, Rumah Sakitn Pusat Perbelanjaan	37.25	204.11	95.54
4	Perumahan, Rumah sakit,	46.07	234.40	35.67
Total Seluruh Segmen		249.66	1,505.02	411.70

Laporan Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta (2014) menyatakan bahwa potensi beban pencemaran (*point source*) langsung ke badan sungai utama (*main stream*) dengan parameter

BOD dan COD dengan total nilai beban masing-masing sebesar 22.79 ton/jam untuk BOD, dan 108.04 ton/jam untuk COD. Beban TSS tidak dilakukan perhitungan beban pencemar.

3.2. Segmentasi Sungai Kalibaru Timur

Satuan unit perhitungan dan analisis daya tampung beban pencemaran sungai adalah segmen. Penelitian ini di wilayah sungai Kalibaru Timur dibagi menjadi 4 segmen. Penentuan pembuatan segmentasi sungai Kalibaru Timur berdasarkan persebaran potensi sumber pencemar dan sumber bukan pencemar yang terdapat disepanjang sungai. Pembagian segmentasi sungai berdasarkan peta penggunaan lahan, Morfologi sungai, Wilayah Pengaliran Drainase (WPD), titik sampling, wilayah administrasi. Wilayah Pengaliran Drainase (WPD), titik sampling, wilayah administrasi. Segmentasi sungai dapat dilihat Tabel 4 dan Gambar 2.

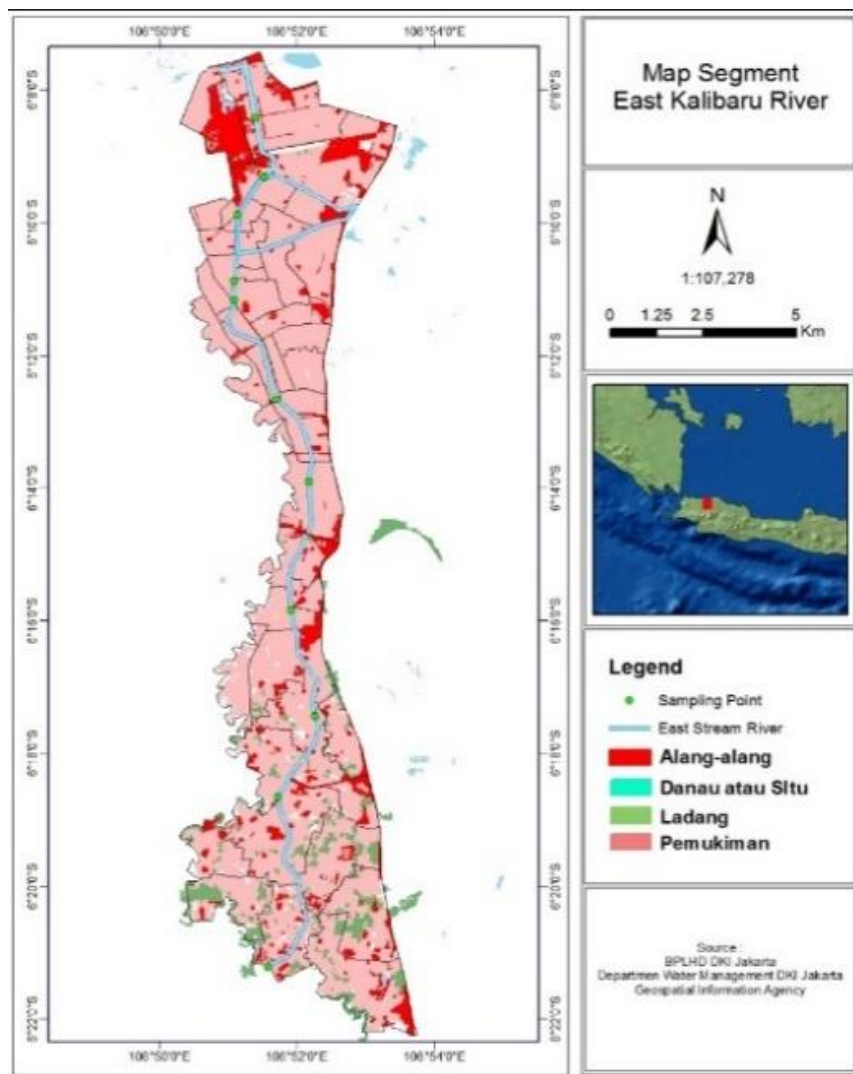
a. Analisis penggunaan lahan

Penggunaan lahan disepanjang sungai Kalibaru Timur didominasi oleh pemukiman, jasa, perdagangan, perkantoran serta industri dengan rata-rata 90%, hanya pada segmen empat terdapat Situ atau Danau yang masih berfungsi untuk wilayah penampung air pada saat hujan. Seluruh segmen satu sampai segmen empat sehingga variasi jenis penggunaan lahan memberikan

indikasi perbedaan sumber pencemaran dan koefisien *run off* (Komaruddin, 2015) yang masuk ke dalam sungai Kalibaru Timur. Singkatnya pengaruh besar debit dan nilai beban pencemaran sungai tergantung pola tata ruang atau penggunaan lahan yang berada di sepanjang sungai. Peta Penggunaan Lahan Sungai Kalibaru Timur disajikan pada Gambar 3.

Tabel 4. Segmentasi Sungai Kalibaru Timur dan titik sampling

Segmen	Titik Sampling	Wilayah	Jarak dari Hilir (Km)
1	KBT 1, KBT 2, KBT 3	Kec. Pasar Rebo dan Kramat Jati	29.230
2	KBT 4, KBT 5, KBT 6	Kec. Kramat Jati dan Jatinegara	18.140
3	KBT 7, KBT 8	Kec. Matraman, Cempaka Putih, dan Johar Baru	7.600
4	KBT 9, KBT 10, KBT 11	Kec. Senen, Kemayoran, Tanjung Priok dan Pademangan	3.18



Gambar 3. Penggunaan lahan Sungai Kalibaru Timur

Tabel 6. Potensi beban pencemar sampah di Sungai Kalibaru Timur

Segmen	Wilayah Administrasi	BOD	COD	TSS
		(kg/hr)	(kg/hr)	(kg/hr)
JAKARTA TIMUR				
1	Kec. Pasar Rebo	147	203	140
	Kec. Cicacas	176	242	167
2	Kec. Kramat Jati	277	380	263
	Kec. Jatinegara	151	208	144
	Kec. Matraman	273	375	259
JAKARTA PUSAT				
3	Kec. Johar Baru	131	180	124
	Kec. Senen	53	75	52
	Kec. Cempaka Putih	23	31	22
	Kec. Kemayoran	172	237	164
4	JAKARTA UTARA			
	Kec. Tanjung Priok	68	94	65
	TOTAL	1.472	2.024	1.398

3.3. Potensi beban pencemaran limbah domestik di Sungai Kalibaru Timur

Limbah domestik bersumber dari rumah tangga dimana sejumlah sampah dibuang ke dalam saluran pembuangan atau perairan umum (Kurniawan, 2013). Limbah domestik terdiri dari sampah dan limbah cair. Sumber limbah domestik selain berasal dari pemukiman juga dapat berasal dari instansi-instansi yang berpotensi menghasilkan limbah padat dan limbah cair dalam jumlah besar, seperti perumahan atau pemukiman, pusat perkantoran, restoran, dan pasar. Faktor terjadinya degradasi disungai Kalibaru Timur adalah adanya pemukiman padat penduduk yang berada disepanjang sungai.

Limbah yang dibuang baik kuantitas, kualitas maupun waktu pembuangannya berkaitan erat dengan kegiatan yang dilakukan baik oleh rumah tangga secara individu, tempat-tempat pelayanan dan fasilitas umum maupun oleh pabrik yang menghasilkan limbah tersebut. Air limbah dari sektor rumah tangga umumnya dibuang pada pagi hari hingga sore hari dan mencapai puncaknya pada sekitar pukul 07.00 – 10.00 dan 16.00 – 20.00 sehingga komposisi air limbah tidak akan konstan sepanjang waktu (Sasongko, 2006). Dapat kita lihat pada Gambar 2, perhitungan beban pencemaran limbah domestik melalui masukan saluran drainase ke badan sungai Kalibaru Timur. Masukan drainase tersebut berpotensi meningkatkan beban pencemaran sungai. Limbah domestik pada segmen 1 - 2 merupakan kegiatan/aktivitas masyarakat, seperti mandi, mencuci serta membuang hajat dan sampah langsung ke sungai. Pada segmen 3 dan 4 memiliki saluran drainase yang masuk ke badan sungai. Potensi Beban Pencemar Limbah domestik disajikan pada Tabel 5.

3.4. Potensi beban pencemaran sampah di Sungai Kalibaru Timur

Faktor lain yang menjadikan bertambahnya beban pencemaran di sungai Kalibaru Timur yaitu limbah

padat yang berupa sampah padat. Sampah merupakan limbah yang dihasilkan dari kegiatan/usaha apabila masuk ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu. Volume limbah padat dan limbah cair yang masuk ke Sungai Kalibaru Timur semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan aktifitas oleh masyarakat. Sampah dapat berbentuk limbah padat maupun limbah cair yang mengandung berbagai macam bakteri pembusuk. Beban pencemaran sampah yang masuk ke badan sungai Kalibaru Timur disajikan pada Tabel 6.

Tabel 5. Potensi beban pencemar limbah Domestik di Sungai Kalibaru Timur

s	Wilayah Administrasi	BOD	COD	TSS
		(kg/hr)	(kg/hr)	(kg/hr)
JAKARTA TIMUR				
1	Kec. Pasar Rebo	4.373	6.013	4.155
	Kec. Cicacas	5.230	7.191	4.968
2	Kec. Kramat Jati	8.211	11.290	7.801
	Kec. Jatinegara	4.488	6.171	4.264
	Kec. Matraman	8.099	11.136	7.694
JAKARTA PUSAT				
3	Kec. Johar Baru	3.876	5.329	3.682
	Kec. Senen	1.616	2.222	1.535
	Kec. Cempaka Putih	680	935	646
4	Kec. Kemayoran	5.113	7.031	4.8578
	JAKARTA UTARA			
	Kec. Tanjung Priok	2.028	2.789	1.927
TOTAL		43.715	60.108	41.529

Berdasarkan data dari BPLHD DKI Jakarta (2014) penyaluran pembuangan limbah cair dari kegiatan-kegiatan di Kota Jakarta didominasi oleh pemukiman (rumah tangga), dan Industri. DKI Jakarta yang terletak pada ketinggian rata-rata 75 m diatas permukaan air laut, dilalui oleh salah satunya sungai Kalibaru Timur yang bermuara di teluk Jakarta (Jakarta Utara). Sungai Kalibaru Timur mempunyai beberapa saluran drainase-drainase yang berfungsi sebagai penyaluran air limbah maupun aliran run off yang masuk ke dalam sungai. Berikut ini akan diuraikan beberapa jenis kegiatan di sepanjang sungai Kalibaru Timur yang dapat memberikan kontribusi terhadap kondisi perairan sungai Kalibaru Timur.

Sumber pencemar yang mengakibatkan polusi pada sungai Kalibaru Timur terdiri dari limbah domestik, industri, dan sumber sampah diperkirakan total beban pencemaran yang dihasilkan 3 sumber yaitu BOD sebesar 45,436 kg/hr, 63,637 kg/hari untuk COD, dan TSS sebesar 43,338 kg/hr. Penduduk/limbah domestik berkontribusi terhadap porsi terbesar dari total yang dihasilkan muatan sekitar 90%, kontribusi industri di sungai Kalibaru Timur lebih atau kurang pada sebesar 3%, sedangkan sisanya 7% adalah kontribusi dari limbah sampah. Setelah beban yang dihasilkan dari berbagai sumber dan sungai melakukan pengobatan alami atau *self purification*, namun tetap saja masih memiliki beban pencemaran yang tinggi karena makin kehilir beban pencemar semakin meningkat 80% dari beban yang dihasilkan benar-benar dibuang ke outlet utama (perusahaan) seperti yang diperkirakan oleh model.

Hasil model pada perhitungan beban pencemar tersebut dilakukan perbandingan dan memvalidasi keakuratan model dengan metode permodelan yaitu aplikasi QUAL2Kw yang bertujuan untuk memodelkan suatu sungai sehingga sesuai kondisi lapangan maupun yang akan datang. Dalam menyusun program pengelolaan kualitas air dan penanggulangan pencemaran air, diperlukan pemahaman yang baik mengenai beragam aktivitas manusia yang berpengaruh terhadap sungai (Lestari, 2013). Proses ini sangat kompleks, sehingga diperlukan pemodelan matematis serta analisis membuat prediksi kualitas air sungai (Kennel *et al.*, 2011; Lestari 2013).

Model QUAL2Kw ini telah dipakai untuk menentukan kebijakan kualitas air sungai di masa depan (Kennel *et al.*, 2007). Beban BOD, COD, maupun TSS perkiraan untuk tahun 2020 akan terus meningkat, karena tidak ada langkah-langkah lingkungan yang signifikan. Langkah yang dapat dilakukan untuk melakukan penurunan beban sehingga menghasilkan mutu air kelas II PP No. 82 Tahun 2001 dengan melakukan penambahan atau pembuatan IPAL komunal di pemukiman padat penduduk yang berada di sepanjang sungai Kalibaru Timur. Dari hasil perhitungan nilai beban limbah domestik yang sangat berpengaruh terhadap kualitas air sungai Kalibaru Timur.

Peningkatan pemahaman atau pendidikan lingkungan yang terus menerus dilakukan sampai masyarakat mempunyai karakter peduli lingkungan perlu dilakukan untuk membentuk karakter peduli lingkungan agar nilai perilaku manusia yang berhubungan dengan sesama manusia dengan lingkungan (Desfandi, 2015) dapat terwujud penurunan nilai beban pencemaran dan perbaikan kualitas air Sungai Kalibaru Timur.

Model beban pencemar dapat digunakan sebagai alat manajemen untuk menilai efektivitas program peningkatan lingkungan / strategi manajerial. Sebagai ilustrasi, model tersebut digunakan untuk menilai berapa banyak pengurangan beban BOD, COD, dan TSS di sungai sehingga dapat diprediksi jika sebagian dari limbah cair domestik diarahkan ke fasilitas pengolahan air limbah. Penduduk Kota Jakarta mencakup sekitar 10 % dari yang berada di sepanjang sungai Kalibaru Timur.

4. Kesimpulan

Sumber pencemaran Sungai Kalibaru Timur terdiri dari 3 sumber yaitu *point source*, limbah domestik dan sampah. Ketiga sumber pencemar tersebut mengakibatkan tekanan pada ekosistem sungai maupun kualitas air Sungai Kalibaru Timur. Sumbangan beban pencemar yang paling tinggi berturut-turut adalah yaitu limbah domestik, sampah, dan limbah perusahaan (*point source*). Jumlah beban pencemaran atau polutan oleh parameter dan sumber telah dihitung dengan metode. Meskipun hasil awal akan memerlukan validasi lebih lanjut dan kalibrasi, hasil awal tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk perumusan ke-

bijakan pengembangan dan pemulihan Sungai Kalibaru Timur. Hubungan permodelan sungai menggunakan metode aplikasi QUAL2Kw dengan hasil perhitungan nilai beban pencemaran aktual limbah domestik, sampah dan *point source* dengan parameter BOD, COD, dan TSS yang masuk ke badan sungai mengindikasikan bahwa nilai beban pencemaran dapat dilakukan penurunan sesuai dengan skenario-skenario dengan aplikasi QUAL2Kw sehingga kualitas air sungai mencapai baku mutu kelas II menurut PP No. 82 Tahun 2001.

Daftar Pustaka

- [1] [BPLHD DKI Jakarta] Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup DKI Jakarta, 2014. Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Sungai Jati Kramat, Kali Baru Barat, Kali Baru Timur, Sungai Mampang dan Sungai Tarum Barat di Jakarta 2014. Jakarta, BPLHD DKI Jakarta.
- [2] Abdul Ghani P.H., M.K. Yusoff, L.A. Manaf, M. Daud, 2009. Knowledge-based system for river water quality management. *European Journal of Scientific Research*. 153-162.
- [3] Amaya F.L., T.A. Gonzales, E.C. Hernandez, E.V. Luzano, N.P. Mercado, 2012. Estimating Point and Non-Point Sources of Pollution in Biñan River Basin, the Philippines. *APCBEE Procedia*. 1 (2012) 233 – 238.
- [4] Brown L.C., Barnwell, 1987. The Enhanced Stream Water Quality Models Qual2E and Qual2E-UNCAS. Documentation and User Manual. U.S., Environmental Protection Agency.
- [5] Desfandi, M., 2015. Mewujudkan masyarakat berkarakter peduli lingkungan melalui program adiwiyata. *Social Science Education Journal*. 2(1), pp. 31-37.
- [6] Fadly, N.A., 2008. Daya Tampung dan Daya Dukung Sungai Ciliwung Serta Strategi Pengelolaannya. Tesis. Program Studi Teknik Sipil, Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik, Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat.
- [7] Hindriani, H., A. Sapei, Suprihatin, Mahfud, 2013. Pengendalian Pencemaran Sungai Ciujuong Berdasarkan Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran. *Jurnal Sumber Daya Air*. 9(2), pp.169-184.
- [8] Imhoff's, 1979. *Handbook Of Urban Drainage And Wastewater Disposal*. John Wiley & Sons.
- [9] Iskandar, 2007. Panduan Pelatihan Pengelolaan Kualitas Air. Puslitbang Sumberdaya Air Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- [10] Kennel P.R., S.R. Kanel, S. Lee, 2007. Application of Automated Qual2kw For Water Quality Modelling and Management in The Bagmati river, Nepal. *Journal Ecology Modelling*. pp. 503-517.
- [11] Kennel P.R., S.R. Kanel, S. Lee, Y. Lee, T.Y. Gan, 2011. A Review of Public Domain Water Quality Models for Simulating Dissolved Oxygen in Rivers and Streams. *Environ Model Assess*. 2(16): 183-204.
- [12] Komarudin, M., S. Hariyadi, B. Kurniawan, 2015. Analysis Pollution Load Capacity Pesangrahan River (Segment Depok City) using Numeric and Spatial Model. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*. 5(2), pp.121-132.
- [13] Kurniawan, B., 2013. Kajian Daya Tampung Beban Pencemar Air untuk Penataan Ruang. *Buletin Tata Ruang*. Kementerian Pekerjaan Umum Edisi Mei-Juni 2013.
- [14] Lestari A.D., D.S. Sugoharto, 2013. Application of Qual2Kw Model to Determine the Strmte&l in Solving Gaiahwong River Water Pollution Caased by Organic Mutter. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 20(3), pp. 284-293.
- [15] Luo B, J.B. Li, G.H. Huang, 2006. A simulation-based interval two-stage stochastic model for agricultural nonpoint source pollution control through land retirement. *Science of the Total Environment*. 361(1-3), pp. 38-56.

- [16] Nugraha D., C. Lintang, 2007. Identifikasi daya tampung beban cemaran BOD sungai dengan model qual2e (Studi Kasus Sungai Gung, Tegal – Jawa Tengah). *Jurnal Presipitasi*. 3(2), pp. 93-101.
- [17] Peavy H.S., D.R. Rowe, G. Tchobanoglous, 1985. *Environmental Engineering*. McGraw Hill, Inc. New York.
- [18] Sasongko L.A., 2006. Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk Di Sekitar Sungai Tuk Terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang Serta Upaya Penanganannya. Tesis. Program Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro, Semarang.
- [19] Sekaran, U., 2006. *Metodologi Penelitian Untuk Bisnis*. Salemba Empat, Jakarta.
- [20] Yuhong Y., Y. Baixing, S. Wanbin, 2010. Assessment of Point and Nonpoint Sources Pollution in Songhua River Basin, Northeast China by Using Revised Water Quality Model. *Chin. Geogra. Sci.* 20(1), pp. 30–36.