

## PENGENDALIAN PENCEMARAN SUNGAI CIUJUNG BERDASARKAN ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN

### CIUJUNG RIVER POLLUTION CONTROL BASED ON ANALYSIS OF TOTAL MAXIMUM DAILY LOAD

Heny Hindriani<sup>1)</sup>, Asep Sapei<sup>2)</sup>, Suprihatin<sup>3)</sup>, Machfud<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon

<sup>2,3,4)</sup>Institut Pertanian Bogor

E-mail : henyhindriani@yahoo.com

Diterima: 20 Agustus 2013; Disetujui: 30 Oktober 2013

#### ABSTRAK

Permasalahan krusial di bagian hilir Sungai Ciujung yang berada di Wilayah Kabupaten Serang adalah bertambahnya beban pencemaran air. BOD (Biochemical Oxygen Demand) merupakan salah satu indikator pencemaran air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya tampung beban pencemaran (DTBP) sebagai dasar dalam penetapan strategi pengendalian pencemaran sungai. Daya tampung beban pencemaran BOD ditetapkan dengan pemodelan kualitas air menggunakan WASP (water quality analysis simulation program) dan hasilnya dibandingkan dengan kriteria mutu air sungai sesuai PP 82/2001. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat debit rencana lingkungan menggunakan debit minimum 3 m<sup>3</sup>/s, kualitas air Sungai Ciujung yang memenuhi kriteria mutu air kelas IV adalah sepanjang 13,75 km dengan DTBP 2.119,6 kg BOD/hari dan bagian hilir sepanjang 18 km tidak memenuhi. Alternatif strategi pengendalian pencemaran air Sungai Ciujung yang dapat dilakukan berdasarkan hasil simulasi adalah dengan meningkatkan debit untuk aliran pemeliharaan ekologi pada probabilitas 95% sebesar 9,12 m<sup>3</sup>/s dan reduksi beban pencemaran dari sumber pencemaran terpusat dan tersebar masing masing sebesar 80%.

**Kata kunci :** Aliran pemeliharaan ekologi, biochemical oxygen demand, daya tampung beban pencemaran air, pemodelan kualitas air, sungai Ciujung.

#### ABSTRACT

Crucial issue at the downstream of Ciujung River is the increasing load of water pollution. BOD is one of the water pollution parameter in the stream. This study was aimed to determine the amount of Total Maximum Daily Load (TMDL) in Ciujung River as a basis for determining river pollution control strategies. TMDL of BOD was determined by modeling WASP (Water quality Analysis Simulation Program) and the results were compared with the standard streams due to PP 82/2001. The results showed that the water quality of Ciujung River at the time of the discharge environment using minimum flow 3 m<sup>3</sup> /s meets the river standard of 4<sup>th</sup> class along the 13,75 km with average TMDL was 2.119,6 kg/day and the area that was not met the quality standards was along 18 km. Alternative strategies of water pollution control in Ciujung River can be done is increase the reliable discharge for ecological preservation at 95% probability (9,12 m<sup>3</sup>/second) and the reduction of pollution load from point source and non point source respectively at 80%.

**Keywords:** Ecological flow, biochemical oxygen demand, total maximum daily loads, , water quality modeling, Ciujung river.

#### PENDAHULUAN

Sungai Ciujung merupakan sungai utama yang berada di Provinsi Banten dengan panjang 147,2 km dan luas DAS 217.197,89 ha. Bagian hulu Sungai Ciujung berada di Kabupaten Lebak, bagian hilirnya berada di Kabupaten Serang dan sebagian

masuk ke Provinsi Jawa Barat, sehingga sungai ini menjadi kewenangan pusat. Sungai Ciujung memegang peranan penting sebagai pensuplai air berbagai kegiatan industri, perikanan, pertanian maupun domestik (KLH 2004, BLH 2011).

Sungai Ciujung, seperti halnya sungai-sungai di Indonesia pada umumnya juga mengalami

masalah pencemaran, penurunan kualitas air sungai, penurunan debit air terutama pada musim kemarau dan pendangkalan sungai. Salah satu indikator adanya pencemaran di sungai dapat berdasarkan nilai BOD, dimana semakin tinggi nilai BOD maka air sungai semakin tercemar. Akumulasi BOD dari sumber pencemar akan menimbulkan beban pencemaran terhadap kemampuan sungai untuk pulih kembali, sehingga akan menurunkan daya tampung beban pencemaran (Nugraha 2007).

Hasil pemantauan Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Serang terhadap air Sungai Ciujung kawasan hilir menunjukkan bahwa nilai rata-rata BOD adalah 15,6 mg/L dan COD adalah 33,2 mg/L (BLH 2012). Baku mutu Sungai Ciujung sebelumnya sudah ditetapkan oleh Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Barat nomor 38 tahun 1991 tentang peruntukan air dan baku mutu air pada sumber air di Jawa Barat, keputusan Gubernur ini mengacu pada PP 20 tahun 1990 yang masih berbasis golongan pemanfaatan air, namun setelah diterbitkannya Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, baku mutu air Sungai Ciujung belum ditetapkan kembali sehingga kualitas air Sungai Ciujung harus mengacu kepada kriteria mutu air kelas II yang mensyaratkan nilai BOD dalam air sungai maksimum 3 mg/L dan nilai COD maksimum 25 mg/L.

Saat ini status Sungai Ciujung tergolong tercemar sedang sampai berat dan telah terjadi penurunan daya tampung beban pencemaran organik dari hulu ke hilir. Hal tersebut menunjukkan bahwa sungai ini sudah tidak mampu mereduksi buangan limbah industri yang menyebabkan terjadi pencemaran dengan kondisi air sungai berwarna hitam dan bau yang cukup menyengat. Pencemaran air sungai seringkali diakibatkan oleh kelalaian industri dalam pengelolaan limbah ataupun terlepasnya bahan baku proses produksi dalam jumlah yang besar ke badan air. Pencemaran yang diakibatkan limbah industri tersebut mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas air serta sangat berdampak pada faktor sosial, ekonomi dan lingkungan yang merugikan masyarakat sekitar (Sutisna 2002, Nurmala 2010).

Dampak nyata adanya pencemaran di Sungai Ciujung bagi kehidupan masyarakat di kawasan hilir setelah adanya industri yang membuang limbahnya ke sungai adalah adanya penyakit kulit dan kesulitan dalam memperoleh air bersih. Selain itu menurunnya kualitas air Sungai Ciujung berdampak pada penurunan penghasilan. Penghasilan mereka di sektor pertanian menurun dari sekitar 2 ton/ha menjadi kurang dari 1 ton/ha, sedangkan dalam sektor perikanan

menurun dari sekitar 6-7 ton/ha menjadi 4-5 ton/ha (<http://pkdbanten.lefora.com> 2010).

Untuk mengatasi masalah pencemaran tersebut, perlu dilakukan pengendalian pencemaran air yakni upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air. Menurut PP nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, penetapan daya tampung beban pencemaran (DTBP) air perlu dilakukan oleh pemerintah dan pemerintah provinsi, pemerintah kabupaten/kota sesuai dengan kewenangan masing-masing. Penetapan DTBP juga perlu dilakukan apabila kontrol teknologi tidak memadai untuk mencapai standar kualitas air yang dipersyaratkan (USEPA 2008). DTBP dapat mengalokasikan total beban pencemaran yang diijinkan untuk alokasi beban pencemaran terpusat maupun tersebar, sehingga negara dapat membatasi jumlah polusi dari sumbernya untuk memulihkan atau melindungi badan air. DTBP ini akan memberikan beban maksimum rata-rata tahunan polutan yang bisa masuk ke sungai tanpa melebihi standar kualitas air yang berlaku (EPA 2003). Namun sampai saat ini pemerintah belum menetapkan DTBP Sungai Ciujung dan kelas airnya, sehingga penelitian ini bertujuan untuk menetapkan strategi pengendalian pencemaran Sungai Ciujung berdasarkan analisis DTBP air.

DTBP adalah batas kemampuan sumber daya air untuk menerima masukan beban pencemaran yang tidak melebihi batas syarat kualitas air untuk berbagai pemanfaatannya dan memenuhi baku mutu airnya (Machbub 2010). Penetapan DTBP merupakan pelaksanaan pengendalian pencemaran air yang menggunakan pendekatan kualitas air yang dapat ditentukan dengan metoda neraca massa, Streeter Phelps, QUAL2E atau metoda lain yang memenuhi kaidah ilmu pengetahuan dan teknologi (KLH 2003). Pendekatan ini bertujuan untuk mengendalikan zat pencemar yang berasal dari berbagai sumber pencemar yang masuk ke dalam air dengan mempertimbangkan kondisi instrinsik sumber air dan baku mutu air yang ditetapkan (KLH 2010).

Penetapan DTBP dalam penelitian ini dilakukan dengan metoda pemodelan kualitas air menggunakan *software* WASP (*water quality analysis simulation program*) yang mempunyai prinsip-prinsip dasar pemodelan sama dengan QUAL2E. WASP adalah model yang dapat digunakan untuk menganalisis masalah kualitas air pada beragam badan air berdasarkan prinsip konservasi massa (Ambrose 2009). Pemodelan ini bertujuan untuk menyederhanakan suatu kejadian agar dapat diketahui perilaku kejadian tersebut.

Pemodelan dilakukan pada kondisi *steady state* pada debit minimum, yakni debit andalan dengan probabilitas 95% (PP 2011). Asumsi pemodelan pada umumnya adalah *steady state* :  $dc/dt = dq/dt = 0$ , namun pada kenyataannya asumsi ini tidak terpenuhi untuk Sungai Ciujung, sehingga untuk mengeliminir permasalahan ini, pelaksanaan sampling dilakukan secara tepat waktu (*real time*). Lingkup kajian berdasarkan deliniasi daerah tangkapan air untuk ruas Sungai Ciujung sepanjang 31,75 km (yang dikaji) dengan lebar yang bervariasi antara 49 m sampai 87 m dan sub DAS Cikambuy di ruas Cijeruk 2. Titik awal (*head water*) pemodelan di Lokasi Nagara dan *end water* di Muara Sungai Ciujung (Gambar 4).

Tujuan spesifik dari penelitian ini adalah untuk mengetahui strategi pengendalian pencemaran Sungai Ciujung berdasarkan analisis daya tampung beban pencemaran.

## KAJIAN PUSTAKA

### 1. Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP)

DTBP air adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Pencemaran air dapat terjadi karena adanya unsur/zat lain yang masuk ke dalam air, sehingga menyebabkan kualitas air menjadi turun. Unsur tersebut dapat berasal dari unsur non konservatif (terdegradasi) dan konservatif (unsur yang tidak terdegradasi).

DTBP merupakan mekanisme perencanaan dan manajemen yang bertujuan untuk mengembalikan kualitas air yang terganggu berdasarkan hubungan antara sumber pencemar dan kondisi kualitas air. Setelah DTBP dihitung selanjutnya dapat dialokasikan untuk masing-masing alokasi beban limbah dan alokasi beban antara sumber pencemaran terpusat dan tersebar. Dengan demikian, proses ini signifikan baik pada sumber pencemaran terpusat maupun tersebar. DTBP air ini dapat digunakan untuk pemberian ijin lokasi, pengolahan air dan sumber air, penetapan rencana tata ruang, pemberian ijin pembuangan air limbah, serta penetapan air sasaran dan program kerja pengendalian pencemaran air. Hal ini dapat menjadi dasar dalam penentuan strategi pengendalian pencemaran air (PP 2001).

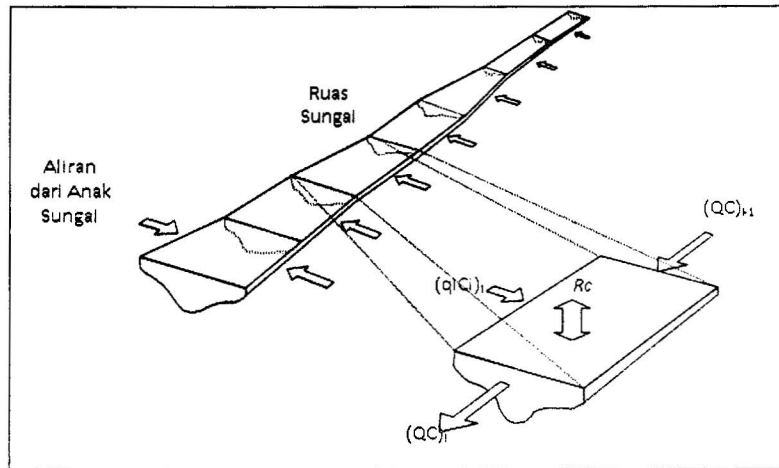
Penetapan daya tampung beban pencemaran dapat dilakukan dengan pemodelan kualitas air. Model kualitas air ini merupakan suatu penyederhanaan dan idealisasi dari suatu mekanisme badan air yang rumit berdasarkan fenomena biologi, kimia, klimatologi, hidrologi, hidrolika dan mekanisme proses transport air sebagai media pembawa dan pelarut yang terjadi secara simultan (Priono 2004; Yusuf 2004). DTBP air pada sumber air ditetapkan berdasarkan debit minimal pada tahun yang bersangkutan atau tahun sebelumnya (KLH 2003).

### 2. Pemodelan Kualitas Air

Pendekatan model kualitas air terdiri dari berbagai macam, yang mana penggunaannya tergantung pada tujuan dan kondisi studi yang akan dilakukan. Jenis model kualitas air diantaranya : *distributed model*, *dinamic model* dan *steady state model*.

*Distributed model* merupakan model dengan variabel model berupa fungsi ruang dan waktu yang memperhitungkan distribusi parameter model dalam arah sumbu ortogonal x, y dan z, sedangkan *dinamic model* adalah model yang outputnya terikat waktu dan *steady state* bersifat *independent* terhadap waktu.

Pemodelan kualitas air dimulai dengan mencari model yang cocok untuk diaplikasikan pada suatu sumber air yang dihadapi, yang mana model tersebut sebaiknya sederhana dengan input yang diperlukan tidak banyak namun hasil yang diperoleh cukup akurat. Model kualitas air yang dikenal diantaranya QUAL2E, QUAL-2K, WASP dan MODQUAL yang semuanya menggunakan prinsip *finite different*. Penggunaan prinsip *finite element* pada model-model kualitas air hanya dilakukan pada air tanah sehubungan sistem *boundary element* yang rumit. Model kualitas air umumnya mensimulasi massa zat dalam suatu ruang dan waktu. Persamaan dalam model kualitas air yaitu : unsur-unsur adveksi, dispersi dan reaksi kinetik. Pemodelan kualitas air di sungai pada umumnya adalah model Eulerian karena kecepatan unsur adveksi lebih dominan daripada dispersinya. Sedangkan untuk waduk atau danau banyak menggunakan model Lagrangian karena unsur adveksi maupun dispersinya cukup dominan terutama untuk waduk dengan skala besar dan dalam (Yusuf 2010).



Gambar 1 Sistem pemodelan kualitas air *finite segment*

Persamaan Eularian orde-1 seperti pada rumus (1) dan ilustrasi model kualitas air dengan *finite segment* seperti di bawah ini.

Model numerik kualitas air dengan persamaan Eularian orde-1 adalah :

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\mu \frac{\partial c}{\partial x} + E \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - R_c \quad 1)$$

Keterangan: U : kecepatan aliran sungai (m/s), E : koefisien dispersi (m<sup>2</sup>/hari) dan Rc : proses kinetik dari berbagai parameter kualitas air.

Berbagai model kualitas air seperti tersebut di atas, pada dasarnya mempunyai prinsip yang hampir sama, maka untuk penelitian ini menggunakan model kualitas air WASP dengan prinsip neraca masa, *finite segment* dan asumsi *steady state*. WASP adalah yang merupakan model dinamis untuk menganalisis berbagai masalah kualitas air pada beragam badan air seperti pada kolam, sungai, danau, waduk, muara, dan perairan pesisir berdasarkan pada prinsip utama konservasi massa. Prinsip ini mensyaratkan bahwa massa dari masing-masing bagian kualitas air yang diteliti harus diperhitungkan dalam satu bagian (Ambrose 2005). Model WASP mengkaji setiap bagian kualitas air berdasarkan input spasial dan temporal dari titik awal hingga ke titik akhir perpindahan, berdasarkan prinsip konservasi massa dalam ruang dan waktu (Ambrose 2009).

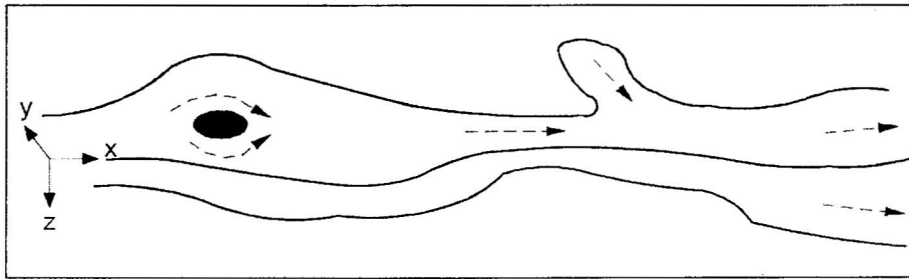
Model WASP ini telah diaplikasikan untuk berbagai kajian, seperti untuk mengevaluasi pengaruh BOD, *nutrient*, alga dan kebutuhan oksigen lainnya terhadap proses DO; mengevaluasi

nitrogen terlarut di muara sungai Altamaha, dan untuk menentukan beban pencemaran merkuri di Sungai Canoochee, Georgia (USEPA 2004; USEPA 2008 dan Kaufman 2011). Florida Department of Environmental Protection (FDEP) juga telah menggunakan model WASP sebagai mekanisme untuk mengembangkan strategi reduksi beban emisi yang diperlukan yang diimplementasikan dalam *Basin Management Action Plan* (FDEP 2003).

Dalam melakukan perhitungan keseimbangan massa dengan pemodelan WASP, input data yang dibutuhkan memiliki karakteristik penting, yaitu: Simulasi dan pengendalian output, segmentasi model, Perpindahan secara adveksi dan dispersi, nilai batas, sumber beban pencemaran terpusat dan tersebar, parameter kinetika, konstanta, dan fungsi waktu serta nilai awal. Data input ini bersama-sama dengan persamaan umum neraca massa model WASP dan persamaan kinetika kimia spesifik, didefinisikan secara unik menjadi sekumpulan persamaan khusus kualitas air. Hal ini terintegrasi secara numerik dalam model WASP sebagai proses simulasi terhadap waktu.

Persamaan keseimbangan massa untuk zat yang terlarut dalam badan air harus memperhitungkan semua materi yang masuk dan keluar melalui pembebanan langsung dan menyebar, perpindahan secara adveksi dan dispersi, serta transformasi fisik, kimia dan biologis. Penggunaan sistem koordinat seperti yang ditunjukkan dalam persamaan umum keseimbangan massa, di mana koordinat x dan y berada di bidang horisontal, dan koordinat z adalah dalam bidang vertical (Gambar 2).





Gambar 2 Sistem koordinat persamaan neraca massa

Persamaan umum keseimbangan massa pada sekitar volume cairan yang terbatas ditunjukkan pada persamaan berikut.

kemudian dilakukan integrasi atas koordinat y dan z untuk memperoleh persamaan berikut:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(U_x C) - \frac{\partial}{\partial y}(U_y C) - \frac{\partial}{\partial z}(U_z C) + \frac{\partial}{\partial x}\left(E_x \frac{\partial c}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(E_y \frac{\partial c}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(E_z \frac{\partial c}{\partial z}\right) + S_z + S_B + S_k$$

$$\frac{\partial c}{\partial t}(AC) = \frac{\partial}{\partial x}\left(-U_x AC + E_x A \frac{\partial c}{\partial x} + A(S_z + S_B) + AS_k\right)$$

3)

2)

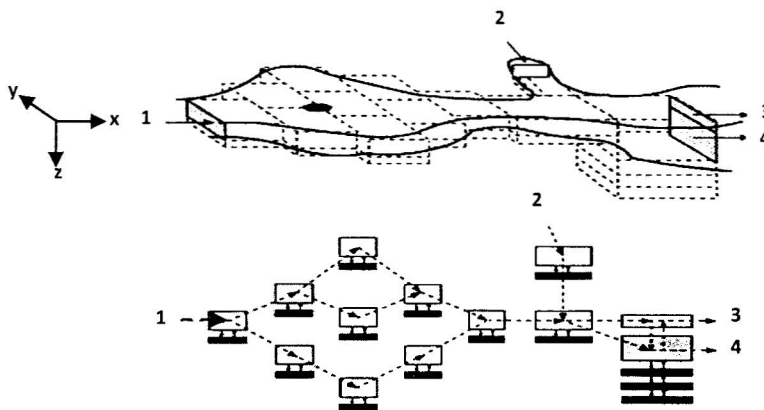
Keterangan: C = nilai kualitas air (mg/L atau g/m<sup>3</sup>), t = waktu (hari), U<sub>x</sub>U<sub>y</sub>U<sub>z</sub> = kecepatan adveksi longitudinal, lateral, dan vertikal (m/hari), S = laju beban langsung dan menyebar (g/m<sup>3</sup>-hari), S<sub>B</sub> = laju batas pembebanan (termasuk hulu, hilir, bentik, dan atmosfer) (g/m<sup>3</sup>-hari), S<sub>K</sub> = laju transformasi kinetik total, tanda positif adalah sumber, negatif adalah sink (g/m<sup>3</sup>-hari).

Keterangan: A = Luas penampang melintang (m<sup>2</sup>). Persamaan ini mewakili tiga klasifikasi utama proses kualitas air antara lain: (1) transportasi, (2) pembebanan, dan (3) transformasi.

Dengan memperluas volume kontrol dari fluida yang sangat kecil dan terbatas menjadi segmen yang lebih besar yang saling berhubungan dan dengan menentukan parameter transportasi, pembebanan, dan transformasi yang tepat, model WASP mengimplementasikan suatu bentuk *finite difference* seperti pada persamaan sebelumnya. Penurunan dari bentuk *finite difference* terhadap persamaan keseimbangan massa akan dilakukan untuk jangkauan satu-dimensi, dengan asumsi kondisi homogen pada bidang vertikal dan lateral,

Jaringan model adalah sekumpulan dari volume kontrol yang diperluas, atau kumpulan segmen, yang secara bersama-sama mewakili konfigurasi fisik dari badan air. Gambar 3 menggambarkan suatu jaringan yang dapat membagi badan air secara lateral dan vertikal serta longitudinal. Setelah dilakukan pengaturan jaringan, studi model akan diproses melalui empat langkah umum dalam beberapa cara yaitu: hidrodinamika, transport massa, transformasi kualitas air, dan toksikologi lingkungan.

Model kualitas air dapat melakukan tiga tugas dasar yaitu: (1) menggambarkan kondisi kualitas air saat ini, (2) mempersiapkan prediksi umum, dan (3) mempersiapkan prediksi yang spesifik (Ambrose 2009).



Gambar 3 Skema segmentasi model

**METODOLOGI**

Data yang digunakan dalam penelitian berupa data sekunder dan primer seperti yang disajikan dalam Tabel 1. Berdasarkan hasil deliniasi sumber pencemaran yang mempengaruhi kondisi kualitas air Sungai Ciujung pada segmen hilir Ciujung yaitu hanya sekitar 500 m dari pinggir kiri dan kanan sungai beserta Sungai Cikambuy yang merupakan satu-satunya anak sungai pada segmen hilir Ciujung ini.

Besaran beban pencemaran adalah perkalian jumlah satuan unit sumber pencemar dengan emisinya. Misalnya beban pencemaran domestik yaitu dengan mengalikan jumlah penduduk dengan faktor emisi BODnya, demikian

untuk peternakan jumlah dari hasil perkalian jenis ternak dengan emisinya masing-masing. Sedangkan potensi beban pencemaran yang berasal dari aktivitas pertanian dihitung dengan mengalikan luas pertanian yang berada 500 m dari Sungai Ciujung di setiap lokasi dengan masing-masing faktor emisi BOD untuk aktivitas pertanian. Faktor emisi BOD dari berbagai sumber pencemaran dapat dilihat pada Tabel 2.

Potensi beban pencemaran BOD yang berasal dari limbah industri dihitung dengan mengalikan nilai BOD limbah cair dari masing-masing *outlet* industri dengan masing-masing debit dan kapasitas produksi hariannya.

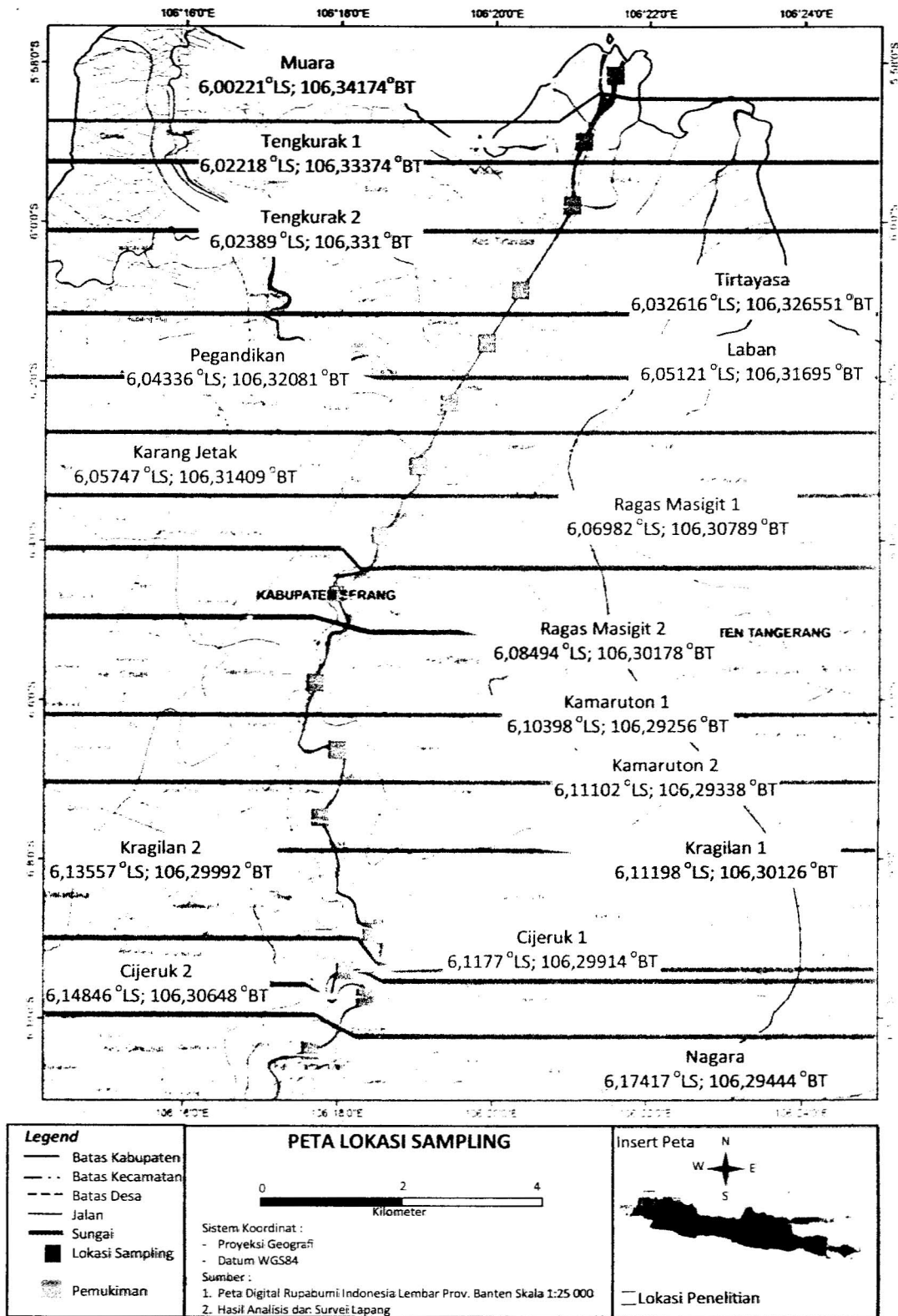
**Tabel 1** Jenis dan sumber data

Data	Sumber
- Peta topografi	- Bakosurtanal
- Debit sungai harian	- Dinas PU, BBWS
- Data hidrolika (kecepatan air, kedalaman, waktu yang ditempuh masa air)	- Pengukuran langsung
- Data klimatologi (evaporasi),	- BMKG, BPS
- Penampang melintang sungai	- Dinas PU
- Penampang memanjang sungai,	- Dinas PU
- Lokasi sumber pencemar	- Observasi lapangan
- Debit limbah industri	- Pengukuran langsung - BLH
- Kualitas limbah industri	- Hasil analisis ( <i>in situ</i> dan laboratorium)
- Jumlah penduduk di bantaran sungai	- BPS - Dinas kependudukan dan catatan sipil
- Jumlah dan jenis ternak di bantaran sungai	- BPS - Dinas pertanian dan peternakan
- Luas lahan pertanian	- BPS - Dinas pertanian dan peternakan
- Kualitas air sungai.	- Hasil analisis ( <i>in situ</i> dan laboratorium)

**Tabel 2** Faktor emisi BOD dari sumber pencemar tersebar

Sumber Pencemaran	Emisi
<b>1. Domestik (g/orang/hari)</b>	40
<b>2. Pertanian (kg/ha/musim)</b>	
- Sawah	225
- Palawija	125
- Perkebunan	32.5
<b>3. Peternakan (g/ekor/hari)</b>	
- Sapi	92
- Kerbau	206.71
- Kambing	34.1
- Domba	55.68
- Ayam	2.36
- Itik/manila	0.88

Sumber : Yusuf 2004



Gambar 4 Lokasi pengambilan sampel

Sungai Ciujung sepanjang 31,75 km dibagi menjadi 16 ruas berdasarkan sumber pencemar dan karakteristik hidraulik sungai. Pengambilan sampel dilakukan pada 16 titik yang mengacu pada

SNI 6989.57:2008, sedangkan untuk menganalisis parameter DO mengacu pada SNI 6989.14:2004 dan untuk BOD mengacu pada SNI 6989.72:2009.

Evaluasi kualitas air Sungai Ciujung berdasarkan parameter BOD dilakukan dengan cara membandingkan nilai BOD dalam sampel air Sungai Ciujung dengan kriteria mutu air yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Pemodelan kualitas air dilakukan dengan menggunakan model WASP7.3 1 dimensi multiparameter dengan metoda *finite segment*. Setelah data diinputkan maka dilakukan kalibrasi model dengan metoda *least square* menggunakan analisis regresi. Simulasi dengan model WASP dilakukan dengan berbagai variasi debit dan reduksi potensi beban pencemaran dari sumber pencemaran terpusat dan sumber pencemaran tersebar. Nilai BOD sepanjang sungai hasil simulasi selanjutnya digunakan untuk menetapkan beban pencemaran sepanjang sungai dengan persamaan :

$$BP = C \times Q \times 86,4 \quad 4)$$

Keterangan: BP adalah beban pencemaran (kg BOD/hari), C adalah nilai BOD (mg/L), dan Q adalah debit sungai (m<sup>3</sup>/s). Daya tampung beban pencemaran dihitung dengan persamaan :

$$DTBP \text{ (kg BOD/hari)} = \text{Debit} \times \{C(\text{baku mutu}) - C(\text{aktual})\} \quad 5)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Potensi Beban Pencemaran BOD di Bantaran Sungai Ciujung

Seluruh potensi beban pencemaran BOD dari sumber pencemaran terpusat (BTP) dan sumber pencemaran tersebar (BTS) disajikan pada Tabel 3. Total beban pencemaran dari BTS (domestik, pertanian dan peternakan) adalah 3.876,65 kg BOD/hari dan dari BTP (industri) 14.004,37 kg BOD/hari. Data masing-masing total beban pencemaran dari BTP dan BTS diinputkan ke dalam simulasi model WASP bersama data hidrologi, hidrolika dan klimatologi.

### 2. Debit Rencana Lingkungan

Berdasarkan KepMen LH No. 110 Tahun 2003, untuk menghitung besaran daya tampung beban pencemaran adalah hasil kali debit minimum dengan baku mutu airnya. Sungai Ciujung berdasarkan 15 tahun data debit rata-rata harian dihasilkan debit minimum yaitu 3 m<sup>3</sup>/s, namun jika berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 38 Tahun 2011 tentang sungai bahwa sungai diharuskan adanya aliran pemeliharaan sebesar probabilitas 95% (mengacu pada SNI 6738:2013).

Jika pada Bendung Pamarayan disesuaikan dengan peraturan pemerintah ini, maka Q95% di hilir bendung yaitu sebesar 9,12 m<sup>3</sup>/s, sehingga dalam penelitian ini dikaji dengan dua acuan besaran debit tersebut.

### 3. Kualitas Air Sungai Ciujung

Sehubungan Sungai Ciujung belum ditetapkan kelasnya, maka kriteria mutu airnya mengacu pada kelas II sesuai PP 82/2001. Kondisi eksisting perairan Sungai Ciujung berdasarkan parameter BOD disajikan pada Tabel 4.

Pada kondisi eksisting menunjukkan, bahwa nilai BOD di sebagian besar lokasi (75%) tidak memenuhi kriteria mutu air kelas II bahkan melebihi kelas IV dengan rata-rata nilai BOD di sepanjang sungai adalah 28,9 mg/L, sehingga perlu ada upaya pengendalian pencemaran untuk memperbaiki kualitas air Sungai Ciujung tersebut. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan menetapkan DTBP air untuk mengetahui alokasi beban pencemaran yang diijinkan untuk masing-masing lokasi.

### 4. Kalibrasi Model

Kalibrasi model adalah proses mencari nilai-nilai parameter kinetik untuk mencapai kecocokan yang terbaik (*goodness of fit*) antara hasil pemodelan dan hasil pengukuran kualitas air di badan sungai atau mempunyai kecenderungan yang sama dengan kondisi di lapangan. Didalam studi ini, proses kalibrasi sesuai dengan anggapan *steady state* menggunakan sistem satu saat dengan variasi tempat (*spatial variation at one time*).

Kalibrasi terhadap debit dilakukan terlebih dahulu sebelum kalibrasi parameter lain. Proses kalibrasi ini secara umum dilakukan dengan mengestimasi parameter debit hasil perhitungan model dengan kondisi debit eksisting ketika pengambilan sampel pada tempat tempat tertentu.

Kalibrasi debit lebih ke arah *water balance* (neraca air) yang memperhitungkan penambahan dan/atau pengurangan yaitu debit *incremental* (debit aliran yang masuk secara *random* dari samping kiri/kanan sungai baik air permukaan atau *ground water seepage*). Hasil kalibrasi debit (Gambar 5) memperlihatkan hasil yang cukup baik dengan tingkat kehandalan di atas 90% ( $R^2 = 0,9991$ ;  $p < 0,01$ ), artinya model terkalibrasi bermakna tinggi.

Berdasarkan hasil analisis dan kajian terhadap beberapa parameter kualitas air di sepanjang sungai, diperoleh bahwa parameter kritis spesifik untuk Sungai Ciujung adalah BOD, sehingga dalam studi ini yang dibahas adalah hasil kalibrasi DO dan BOD.

**Tabel 3** Potensi beban pencemaran di Bantaran Sungai Ciujung

No	Lokasi	Beban Pencemaran BOD (kg BOD/hari)			
		Domestik	Pertanian	Peternakan	Industri
1	Nagara	225,520	61,234	40,426	0,000
2	Cijeruk 2	5,856	357,492	7,194	32,449
3	Cijeruk 1	2,090	157,976	0,000	0,000
4	Kragilan 2	60,521	327,462	73,414	531,81
5	Kragilan 1	20,447	142,468	46,685	0,11
6	Kamaruton 2	5,881	385,160	6,861	0,000
7	Kamaruton 1	7,811	349,259	23,312	13.440
8	Ragas Masigit 2	71,632	212,450	45,149	0,000
9	Ragas Masigit 1	19,243	201,892	51,815	0,000
10	Karang Jetak	11,959	217,848	34,387	0,000
11	Pegandikan	21,807	97,072	46,543	0,000
12	Laban	7,491	189,214	7,096	0,000
13	Tirtayasa	0,000	274,084	0,000	0,000
14	Tengkurak 2	1,802	56,977	1,114	0,000
15	Tengkurak 1	0,000	0,000	0,000	0,000
16	Muara	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah (kg BOD/hari)		462,060	3.030.589	383,996	14.004,369

Sumber : Hasil penelitian, 2012

**Tabel 4** Nilai BOD di Sungai Ciujung

No	Jarak (km)	Lokasi	Nilai BOD (mg/L)
1	1,75	Nagara	3,9 *
2	2,50	Cijeruk 2	1,3
3	1,75	Cijeruk 1	2,2
4	3,25	Kragilan 2	2,8
5	2,00	Kragilan 1	14,9 *
6	2,50	Kamaruton 2	3,6 *
7	2,50	Kamaruton 1	2,4
8	2,00	Ragas masigit 2	35,8 *
9	1,75	Ragas masigit 1	49,2 *
10	1,75	Karang jetak	23,8 *
11	1,50	Pegandikan	11,9 *
12	1,75	Laban	11,9 *
13	2,25	Tirtayasa	89,4 *
14	1,75	Tengkurak 2	89,6 *
15	1,75	Tengkurak 1	59,7 *
16	1,00	Muara	59,7 *
<b>Baku Mutu</b>		Kelas I	2
		Kelas II	3
		Kelas III	6
		Kelas IV	12

Keterangan \* : Melebihi kriteria mutu air kelas II

Hal yang diperhatikan saat melakukan kalibrasi parameter BOD diantaranya adalah koefisien decay BOD, reaerasi, settling BOD dan kebutuhan oksigen dasar sungai, yang mana penghitungan parameter kinetik model dimulai dari hasil besaran laboratorium untuk masing-masing ruas sungainya.

Hasil kalibrasi secara keseluruhan terhadap debit, parameter DO dan BOD menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian trend yang cukup baik antara data hasil perhitungan model dan hasil pengukuran di lapangan (Gambar 5, 6 dan 7) dari hulu ke hilir, sehingga model dapat digunakan untuk melakukan pengembangan berbagai variasi skenario simulasi selanjutnya.

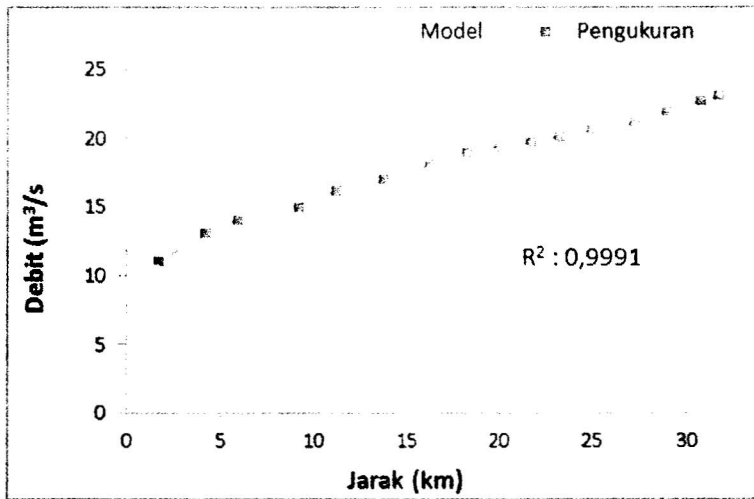


Kalibrasi yang dilakukan terhadap parameter DO dan BOD menunjukkan hasil yang baik mencapai tingkat kehandalan lebih dari 90% yakni ( $R^2= 0,9537$ ;  $p < 0,01$ ) untuk DO dan ( $R^2= 0,9565$ ;  $p < 0,01$ ) untuk BOD, yang artinya model untuk parameter ini terkalibrasi bermakna tinggi.

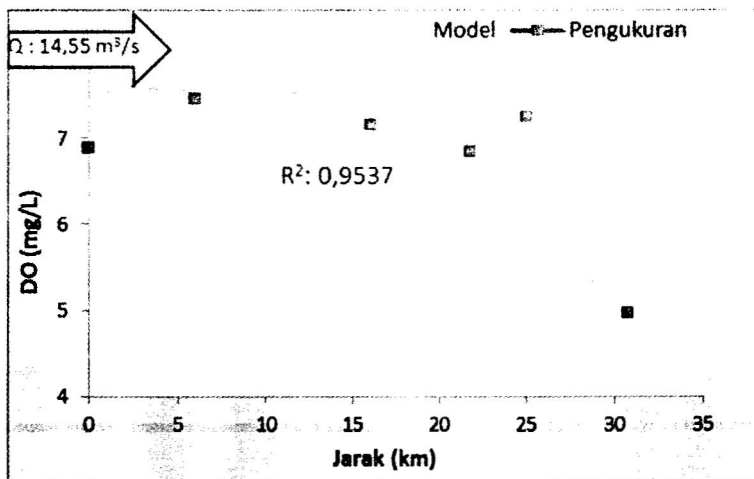
**5. Simulasi**

Simulasi dilakukan untuk merepresentasikan kondisi eksisting serta estimasi 10 tahun yang akan datang dengan membagi ke dalam 4 skenario agar tujuan pemodelan dapat tercapai seperti yang disajikan dalam Tabel 5.

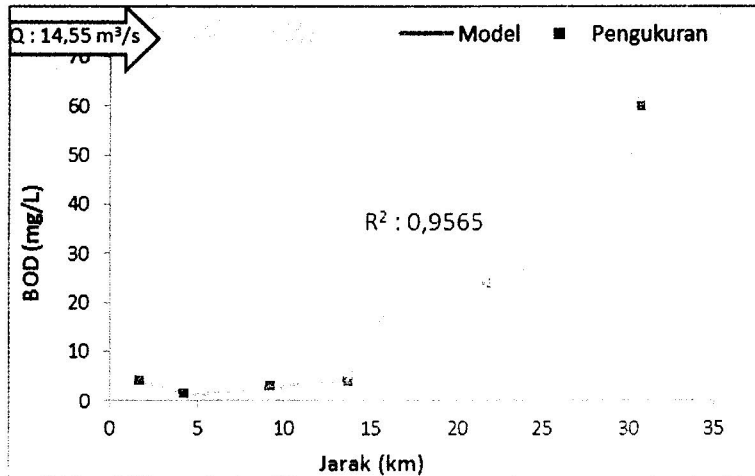
Debit rencana lingkungan yang menggunakan debit minimum yaitu  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  debit untuk aliran pemeliharaan dengan debit andalan probabilitas 95% yaitu  $9,12 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan asumsi bahwa debit limbah dan beban pencemaran BOD dari beban terpusat (maupun beban tersebar (BTS) yang masuk ke Sungai Ciujung adalah tetap. Nilai BOD hasil simulasi WASP pada masing-masing skenario disajikan dalam Tabel 6.



Gambar 5 Perbandingan debit model dengan hasil pengukuran di lapangan



Gambar 6 Perbandingan nilai DO model dengan hasil pengukuran di lapangan



Gambar 7 Perbandingan nilai BOD model dengan hasil pengukuran di lapangan

Tabel 5 Skenario simulasi

Skenario	Sumber Pencemar	Q (m <sup>3</sup> /s)	Beban pencemaran (kg BOD/hari)	
			BTP	BTS
1	Eksisting	3	14.004,37	3.876,65
		9,12		
2	Tahun 2015 20% BTP, 50% BTS	3	2.800,87	1.938,32
		9,12		
3	Tahun 2020 20% BTP, 30% BTS	3	2.800,87	1.162,99
		9,12		
4	Tahun 2025 20% BTP, 20% BTS	3	2.800,87	775,33
		9,12		

**Skenario 1**

Simulasi pada Skenario 1 dilakukan dengan input data eksisting kualitas air sungai, potensi beban pencemaran dari sumber pencemaran terpusat dan sumber pencemaran tersebar. Hasil simulasi skenario 1 (Gambar 8) memperlihatkan bahwa nilai BOD rata-rata sepanjang Sungai Ciujung pada debit minimum (3 m<sup>3</sup>/s) adalah 23,6 mg/L dan yang memenuhi kriteria mutu air kelas I dan II masing masing adalah sepanjang 4,25 km, yang memenuhi kelas III sepanjang 11,75 km dan yang memenuhi kelas IV sepanjang 13,75 km.

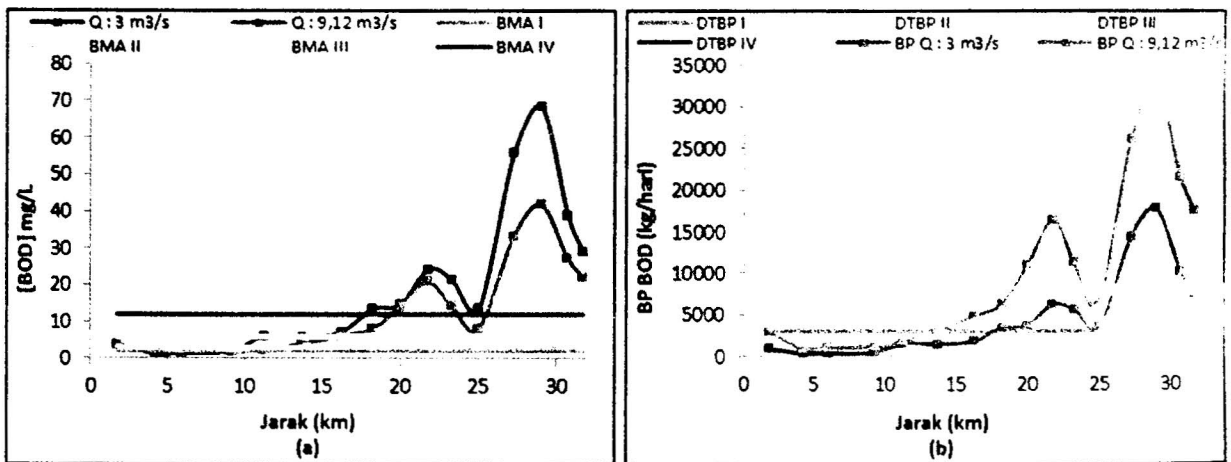
Ketika simulasi dilakukan dengan debit aliran pemeliharaan (9,12 m<sup>3</sup>/s) maka terjadi perbaikan kualitas air sungai yang ditunjukkan dengan terjadinya penurunan nilai rata-rata BOD di sepanjang sungai menjadi 15,5 mg/L. Jika dibandingkan dengan kriteria mutu air kelas I sampai IV, maka yang memenuhi kelas I adalah sepanjang 4,25 km, kelas II sepanjang 9,5 km, kelas III sepanjang 13,75 km dan kelas IV sepanjang 15,5 km.

Nilai parameter BOD aktual yang diperoleh dari hasil model tersebut digunakan untuk menetapkan beban pencemaran dan DTBP pada debit minimum sebelum ada aliran pemeliharaan (3 m<sup>3</sup>/s) dan setelah ada aliran pemeliharaan (9,12 m<sup>3</sup>/s). DTBP air sungai dalam satuan kg BOD/hari dihitung dengan cara mengalikan debit dengan selisih antara nilai BOD sesuai baku mutu dan nilai BOD.

Hasil simulasi pada debit minimum (Gambar 8a) menunjukkan bahwa beban pencemaran rata-rata di sepanjang sungai adalah 6.121,57 kg BOD/hari. Hasil analisis beban pencemaran secara keseluruhan pada simulasi ini menunjukkan bahwa air Sungai Ciujung yang memenuhi kriteria mutu air kelas IV hanya sepanjang 13,75 km, dan 18 km dari lokasi tengah sampai hilir sungai (Kamaruton 1 sampai Muara) belum memenuhi. Sehingga DTBP rata-rata yang dimiliki sungai Ciujung Sepanjang 13,75 km jika dibandingkan dengan kriteria mutu air kelas IV adalah 2.119,6 kg BOD/hari.

**Tabel 6** Nilai BOD hasil simulasi WASP

Jarak (km)	Nilai BOD (mg/L)								Kriteria Mutu Air Kelas			
	Skenario 1		Skenario 2		Skenario 3		Skenario 4		I	II	III	IV
	Q 3	Q 9,12	Q 3	Q 9,12	Q 3	Q 9,12	Q 3	Q 9,12				
1,75	3,7	3,8	3,7	3,8	3,7	3,8	3,7	3,8	2	3	6	12
4,25	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3				
6,00	1,6	1,5	1,6	1,4	1,6	1,4	1,5	1,4				
9,25	3,1	2,3	2,4	2,1	2,1	1,9	2,0	1,7				
11,25	7,2	2,9	7,0	2,6	6,9	2,5	6,2	2,3				
13,75	5,9	4,7	5,8	4,4	5,8	4,0	5,8	4,0				
16,25	22,7	17,6	11,2	10,6	9,6	7,2	7,2	6,2				
18,25	22,7	15,7	17,6	10,5	15,6	8,2	13,6	8,1				
20,00	34,6	18,5	19,4	17,5	15,3	14,0	14,6	14,0				
21,75	32,5	24,1	29,2	22,1	26,2	21,9	24,2	20,9				
23,25	23,5	16,4	22,5	15,5	22,5	15,3	21,5	14,3				
25,00	14,8	9,2	14,8	9,4	13,8	8,9	13,6	8,1				
27,25	55,7	33,3	55,7	33,0	53,7	32,3	55,7	33,2				
29,00	75,5	47,0	72,7	44,0	69,5	43,0	67,5	41,9				
30,75	41,8	27,3	39,6	27,3	39,3	27,3	38,8	27,3				
31,75	31,0	23,2	30,0	23,0	30,0	22,2	29,0	22,1				



**Gambar 8** Hasil simulasi skenario 1 untuk nilai BOD (a) dan beban pencemaran (b)

Pada saat debit dinaikan untuk pemeliharaan sungai ke arah hilir sehingga debit menjadi 9,12 m<sup>3</sup>/s (Gambar 8b), maka ruas yang memenuhi kriteria mutu air kelas IV meningkat menjadi 15,5 km dengan DTBP rata-rata meningkat menjadi 6.552,88 kg BOD/hari.

Hasil simulasi di atas menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting dengan mengalirkan aliran pemeliharaan ke arah hilir sungai, berdampak pada peningkatan kualitas air Sungai Ciujung di ruas Nagara sampai Kamaruton 2. Namun meskipun demikian, masih ada lokasi yang DTBP nya sudah terlewati

yakni di ruas Kamaruton 1 sampai Muara sepanjang 18 km, sehingga simulasi pada skenario yang berbeda perlu ditetapkan untuk mengetahui strategi pengendalian yang tepat, guna mendapatkan kualitas air sungai yang lebih baik.

**Skenario 2**

Menurut Metcalf dan Eddy (1991), bahwa dengan teknologi yang ada, rata-rata beban pencemaran dari BTP (industri) dapat diturunkan sampai 80%, sehingga dalam skenario selanjutnya beban pencemaran yang berasal dari BTP adalah

beban pencemaran setelah direduksi 80% (20% BTP). Sedangkan dari BTS direduksi 50% (50% BTS). Beban pencemaran hasil reduksi ini diinputkan dalam simulasi pada debit yang sama dengan skenario 1.

Nilai BOD rata-rata sepanjang sungai dari hasil simulasi WASP (Gambar 9a) pada debit tanpa ada aliran pemeliharaan (3 m<sup>3</sup>/s) adalah 20,9 mg/L. Untuk simulasi skenario 2, kualitas air sungai belum bisa memenuhi kriteria mutu air kelas II sehingga masih dibandingkan dengan kelas IV, sehingga jika dibandingkan dengan kelas IV ruas sungai yang memenuhi sepanjang 16,25 km di lokasi Nagara sampai Kamaruton 1. Ketika debit dinaikan menjadi 9,12 m<sup>3</sup>/s untuk aliran pemeliharaan maka rata-rata nilai BOD menurun menjadi 14,3 mg/L sepanjang 20 km.

Gambar 9b menunjukkan bahwa beban pencemaran rata-rata tanpa ada aliran pemeliharaan adalah 5.423,18 kg BOD/hari, dan jika dibandingkan dengan kriteria mutu air kelas IV maka DTBP rata-rata yang masih dimiliki sepanjang 16,25 km adalah 1.884,31 kg BOD/hari. Sementara beban pencemaran rata-rata pada sungai dengan adanya aliran pemeliharaan (debit 9,12 m<sup>3</sup>/s) adalah 11.248,46 kg BOD/hari dengan DTBP air sungai yang masih dimiliki sepanjang 20 km jika dibandingkan dengan kelas IV adalah 5.414,23 kg BOD/hari.

### Skenario 3

Simulasi pada skenario 3 dilakukan dengan menginputkan potensi beban pencemaran dari BTS yang sudah direduksi 70% dan BTP yang direduksi 80%. Hasil simulasi (Gambar 10a) pada saat debit sungai 3 m<sup>3</sup>/s menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan kriteria mutu air kelas I, kelas II, kelas III dan kelas IV maka nilai BOD di ruas sungai yang memenuhi masing-masing sepanjang 4,25 km, 7,5 km, 11,75 km dan 16,25 km. Panjang ruas yang memenuhi untuk masing-masing kelas sama dengan hasil simulasi pada skenario 2, namun nilai rata-rata BOD di sepanjang sungai mengalami penurunan menjadi 19,8 mg/L.

Nilai BOD rata-rata sepanjang sungai hasil simulasi skenario 3 pada debit 9,12 m<sup>3</sup>/s adalah

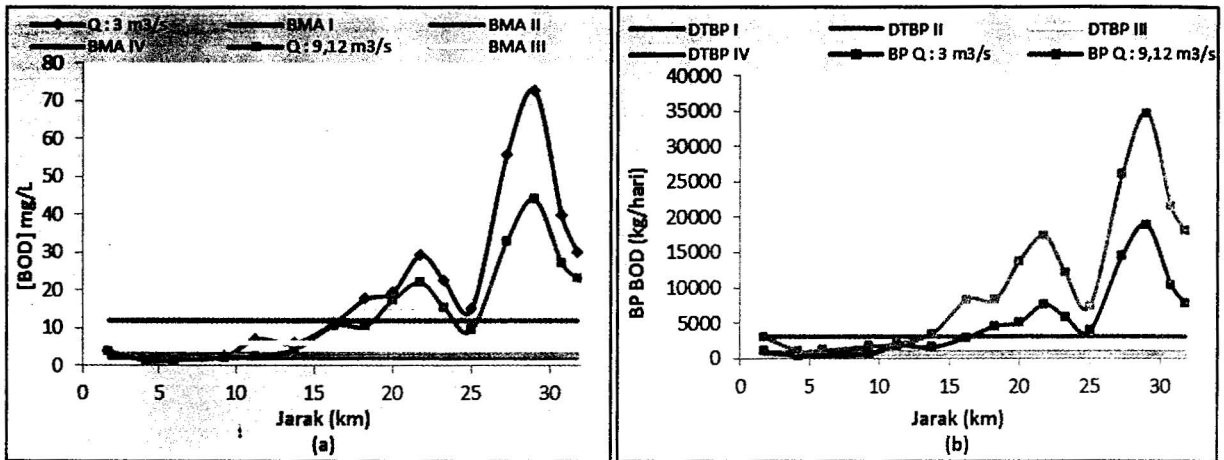
13,5 mg/L. Jika dibandingkan dengan hasil simulasi tanpa ada debit aliran pemeliharaan, maka adanya kenaikan debit untuk aliran pemeliharaan meningkatkan kualitas air sungai sehingga ruas sungai yang memenuhi kriteria mutu air kelas I, kelas II, kelas III dan kelas IV mengalami peningkatan, masing-masing menjadi 7,5 km, 9,5 km, 13,75 km dan 20 km.

Gambar 10b memperlihatkan bahwa beban pencemaran rata-rata pada saat debit 3 m<sup>3</sup>/s adalah 5.137,18 kg BOD/hari dengan DTBP rata-rata sepanjang 16,25 km yang masih dimiliki ketika dibandingkan dengan kelas IV adalah 1.958,32 kg BOD/hari. Sedangkan beban pencemaran rata-rata pada saat debit 9,12 m<sup>3</sup>/s adalah 10.595,05 kg BOD/hari dengan DTBP rata-rata sepanjang 20 km ketika dibandingkan kelas IV adalah 6.017,95 kg BOD/hari

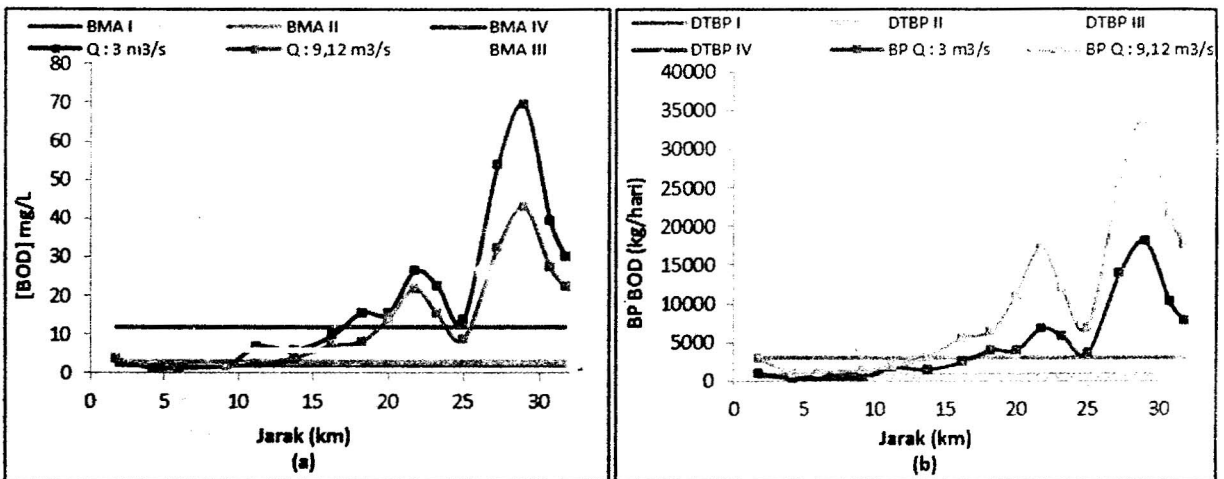
### Skenario 4

Hasil simulasi skenario 4 yang dilakukan dengan menginputkan potensi beban pencemaran dari BTS setelah direduksi 80% dan BTP setelah direduksi 80% disajikan pada Gambar 11. Nilai rata-rata BOD yang diperoleh dari hasil simulasi ini pada saat debit tanpa ada aliran pemeliharaan (3 m<sup>3</sup>/s) adalah 19,2 mg/L. Kualitas air sungai hasil simulasi ini, jika dibandingkan dengan kriteria mutu air kelas I, kelas II, kelas III dan kelas IV maka yang memenuhi untuk masing-masing kelas adalah sepanjang 7,5 km, 11,25 km dan 16,25 km. Sedangkan ketika ada aliran pemeliharaan (9,12 m<sup>3</sup>/s), nilai BOD rata-ratanya adalah 13,2 mg/L dan yang memenuhi kriteria mutu air kelas I sepanjang 7,5 km, kelas II sepanjang 9,5 km, kelas III sepanjang 13,75 km dan kelas IV adalah 20 km.

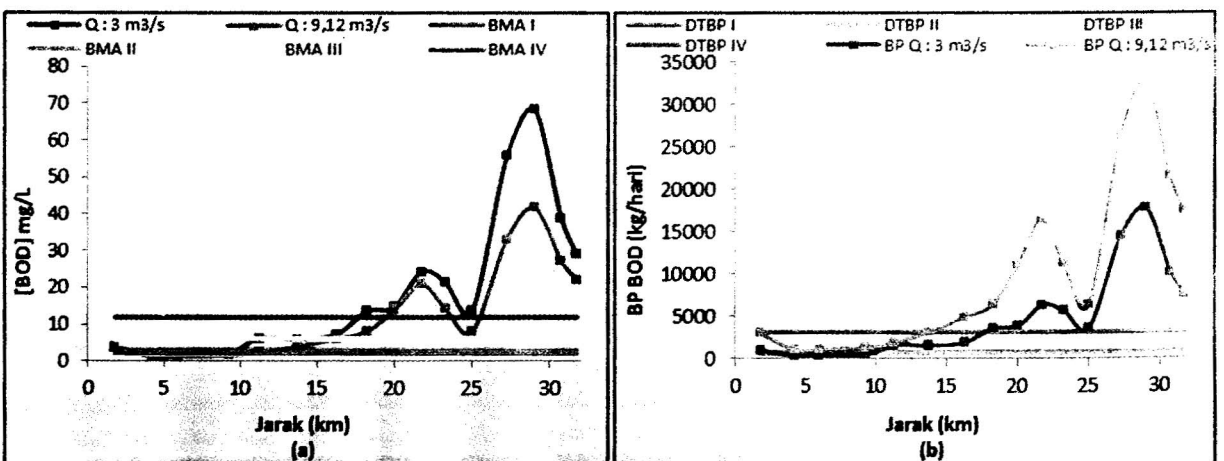
Beban pencemaran rata-rata ketika debit tanpa ada aliran pemeliharaan adalah 4.978,59 kg BOD/hari (Gambar 11b) dengan DTBP rata-rata sepanjang 16,25 km yang masih dimiliki jika dibandingkan dengan kriteria mutu air kelas IV adalah 2.082,39 kg BOD/hari. Beban pencemaran rata-rata dengan adanya debit pemeliharaan adalah 10.365,76 kg BOD/hari dengan DTBP rata-rata sepanjang 20 km yang masih dimiliki untuk kelas IV adalah 6.225,4 kg BOD/hari.



Gambar 9 Hasil simulasi skenario 2 untuk nilai BOD (a) dan beban pencemaran (b)



Gambar 10 Hasil simulasi skenario 3 untuk nilai BOD (a) dan beban pencemaran (b).



Gambar 11 Hasil simulasi skenario 4 untuk nilai BOD (a) dan beban pencemaran (b).

Wilayah sungai yang menjadi kajian dalam penelitian ini adalah bagian hilir sungai sepanjang 31,75 km yang menjadi wewenang wilayah Kabupaten Serang. Hasil simulasi secara keseluruhan memperlihatkan bahwa kondisi air

sungai di wilayah ini sudah sangat mengkhawatirkan terutama di musim kemarau. Berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa pada kondisi eksisting yakni tanpa ada reduksi beban limbah baik dari BTP maupun BTS, sebagian besar



ruas sungai tidak memenuhi kriteria mutu air kelas IV. Sehingga dilakukan simulasi lebih lanjut pada skenario yang berbeda dengan mereduksi beban pencemaran baik dari BTP maupun BTS untuk mendapatkan kualitas air sungai yang lebih baik di lokasi tengah sampai hilir guna memenuhi kriteria mutu air kelas IV.

Berdasarkan teknologi sekunder maka pada skenario 2, 3 dan 4, peningkatan teknologi dalam pengelolaan limbah yang berasal dari BTP (limbah industri) diasumsikan mampu menurunkan beban pencemaran BODnya sampai 80%. Sementara limbah yang berasal dari BTS (domestik dan peternakan), diasumsikan telah diolah dengan menyediakan IPAL komunal sehingga memenuhi baku mutu limbah domestik nasional dan teknik dalam pertanian diasumsikan telah beralih ke teknik yang ramah lingkungan sehingga beban pencemaran yang masuk ke sungai dari aktivitas sumber pencemaran tersebar dapat menurun 50% pada tahun 2015, 70% pada tahun 2020 dan 80% pada tahun 2025.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan :

Adanya aliran pemeliharaan (9,12 m<sup>3</sup>/s) dapat menurunkan nilai rata-rata BOD sepanjang sungai sebesar 34,18% dari 23,6 mg/l menjadi 15,5 mg/L;

Pada kondisi eksisting dengan debit tanpa ada aliran pemeliharaan yaitu debit minimum 3 m<sup>3</sup>/s, kualitas air sungai yang memenuhi kelas I dan II sepanjang 4,25 km, kelas III sepanjang 11,75 km dan kelas IV sepanjang 13,75 km. Sementara pada debit dengan adanya aliran pemeliharaan, yang memenuhi kriteria mutu air kelas II, III dan IV meningkat masing-masing menjadi 9,5 km, 13,75 km dan 15,5 km. Sehingga 16,25 km masih melebihi kriteria mutu air kelas IV;

Pada skenario 2 yang ingin dicapai pada tahun 2015, adanya debit pemeliharaan dan reduksi beban limbah dari BTP sebesar 80% dan dari BTS 50%, ruas sungai sepanjang 4,25 km dapat memenuhi kelas I, km 4,25 sampai km 11,25 sepanjang 13,75 km memenuhi kelas II, km 0 sampai 13,75 km memenuhi kelas III dan km 0 sampai km 20 memenuhi kelas IV sehingga yang tidak memenuhi kelas IV sepanjang 11,75 km;

Pada simulasi skenario 3 dan 4 yang ingin dicapai pada tahun 2020 dan 2025, terjadi perbaikan kualitas air sungai sehingga DTBP rata-rata untuk kawasan hulu sampai tengah sepanjang 20 km adalah 6.017,95 kg BOD/hari dan 6.225,4 kg BOD/hari;

Berdasarkan hasil model, Sungai Ciujung pada wilayah hulu sampai tengah sepanjang 13,75 km (Nagara sampai Kamaruton 2) dapat di masukkan kedalam golongan sungai kelas III dan wilayah tengah sampai hilir (Kamaruton 1 sampai Muara) dimasukkan kedalam golongan kelas IV;

Strategi pengendalian yang dapat direkomendasikan untuk memperbaiki kualitas air sungai Ciujung sehingga dapat mencapai sasaran kelas III dan IV adalah dengan meningkatkan debit air sungai di hulu untuk pemeliharaan ekologi dan menurunkan beban limbah dari BTP dan BTS masing-masing 80%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambrose,R.B. 2005. *The water quality analysis simulation program, WASP5 part A: model documentation*. Georgia: U.S. EPA.
- Ambrose,R.B. 2009. *WASP7 stream transport - model theory and user's guide*. Georgia : U.S. EPA.
- BLH Kabupaten Serang. Kementerian Lingkungan Hidup RI. 2011. *Profil Lingkungan Hidup Kabupaten Serang*. Jakarta : Kementerian Lingkungan Hidup RI.
- Florida Department of environmental protection (FDEP). Group 2 Basin. 2003. *Basin Status Report, Lower St. Johns, DEP Division of Water Resource Management*. Northeast District : Group 2 Basin.
- Kaufman,G.B. 2011. *Application of the water quality analysis simulation program (WASP) to evaluate dissolved nitrogen concentrations in the Altamaha River Estuary*. Thesis. Georgia : The University of Georgia.
- KLH. 2003. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup tentang pedoman penetapan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air*. Jakarta : Kementerian Lingkungan Hidup RI.
- Machbub, B. 2010. Model perhitungan daya tampung beban pencemaran air danau dan waduk. *Jurnal Sumber Daya Air* 6 (2) :103-204.
- Marimin. 2005. *Teknik dan aplikasi pengambilan keputusan kriteria majemuk*. Jakarta : Grasindo.
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater engineering*. New York : Mc Graw and Hill.
- Nugraha,D dan Lintang,C. 2007. Identifikasi daya tampung beban cemaran BOD sungai dengan model qual2e (Studi Kasus Sungai Gung, Tegal – Jawa Tengah). *Jurnal Presipitasi* 3(2) : 93-101.
- Nurmala. 2010. *Status mutu air dan estimasi daya tampung beban pencemaran organik di Sungai Ciujung Provinsi Banten*. Tesis. Jakarta : Sekolah Tinggi Manajemen IMNI.

- Pemerintah RI . 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Pemerintah RI . 2011. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 38 tahun 2011 tentang sungai*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Priono G. 2004. *Pengantar model kualitas air qual2e*. Yogyakarta : DTZ Pro LH Jawa Tengah.
- SNI. Badan Standar Nasional. 2004. *SNI 6989.14:2004 tentang cara uji oksigen terlarut secara iodometri*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI. Badan Standar Nasional. 2008. *SNI 6989.57:2008 tentang metode pengambilan contoh air permukaan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI. Badan Standar Nasional. 2009. *SNI 6989.72:2009 tentang cara uji kebutuhan oksigen biokimia (Biochemical oxygen demand/BOD)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI. Badan Standar Nasional. 2013. *SNI 19-6738-2013 tentang metode perhitungan debit andal air sungai dengan analisis lengkung kekerapan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sutisna,A. 2002. *Laporan status lingkungan hidup Indonesia tahun 2002*. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup RI.
- US EPA. 2004. *Total maximum daily load (TMDL) for total mercury fish tissue in the Canoochee River*. Georgia: US EPA.
- US EPA. 2008. *total maximum daily load (TMDL) for organic enrichment & dissoived oxygen*. Georgia: US EPA.
- Yusuf,I.A. 2004. *Potensi beban pencemaran untuk berbagai sumber pencemar*. Bandung: Balai Lingkungan Keairan-Pusat Litbang Sumber Daya Air.
- Yusuf,I.A. 2010. *Identifikasi sumber dan beban pencemaran air*. Bandung: Balai Lingkungan Keairan-Pusat Litbang Sumber Daya Air.