

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Sungai dikenal sebagai perairan yang terbuka yang berarti sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitarnya. Sehingga sungai merupakan tempat bahan buangan padat baik yang bahan kasar maupun yang halus (butiran halus). Kedua macam bahan buangan tersebut apabila dibuang ke lingkungan sungai, maka kemungkinan dapat terjadi pengendapan bahan buangan padat didasar sungai yang mengalir dan pembentukan koloidal yang melayang-layang mengikuti arus aliran air. Koloidal tersebut merupakan padatan halus sebagian ada yang larut dan ada yang tidak larut terus melayang mengikuti arus air (Agustina, 2007).

2.2 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) secara umum didefinisikan sebagai suatu hamparan wilayah/kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama ke laut atau ke danau. DAS merupakan ekosistem, dimana unsur organisme dan lingkungan biofisik serta unsur kimia berinteraksi secara dinamis dan di dalamnya terdapat keseimbangan *inflow* dan *outflow* dari material dan energi (Kurniawan, Nur Muhammad Azizi, 2008). Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dipandang sebagai sistem alami yang menjadi tempat berlangsungnya proses-proses biofisik hidrologis maupun kegiatan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat yang kompleks (Asdak, 2010).

Menurut Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang sumber daya air, wilayah sungai merupakan gabungan dari beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS). Sedangkan sistem alur sungai (gabungan antara alur badan sungai dan alur sempadan sungai) merupakan sistem river basin yang membagi DAS menjadi

beberapa sub-DAS yang lebih kecil. Oleh karenanya segala perubahan yang terjadi di DAS akan berakibat pada alur sungai areal DAS meliputi seluruh alur sungai ditambah areal dimana setiap hujan yang akan jatuh di areal tersebut mengalir ke sungai yang bersangkutan. Alur sempadan sungai yang terdiri dari bantaran banjir, bantaran longsor, bantaran ekologi, serta bantaran keamanan.

Suatu DAS terdiri dari 2 bagian utama, yaitu daerah tadah (*cathment area*) yang membentuk daerah hulu, dan daerah penyalur air yang berada di bawah daerah tadahan. Daerah penyalur air dapat dibagi menjadi dua daerah, yaitu daerah tengah dan daerah hilir. Sedang daerah penyalur air bergawai (*function*) menyalurkan air turah (*excess water*) dari sumber air ke daerah penampungan air dapat berupa danau atau laut. Dilihat dari segi hidrologi, DAS merupakan suatu kesatuan hidrologi yang bulat atau utuh. (Kurniawan, Nur Muhammad Azizi, 2008).

2.3 Sungai Code

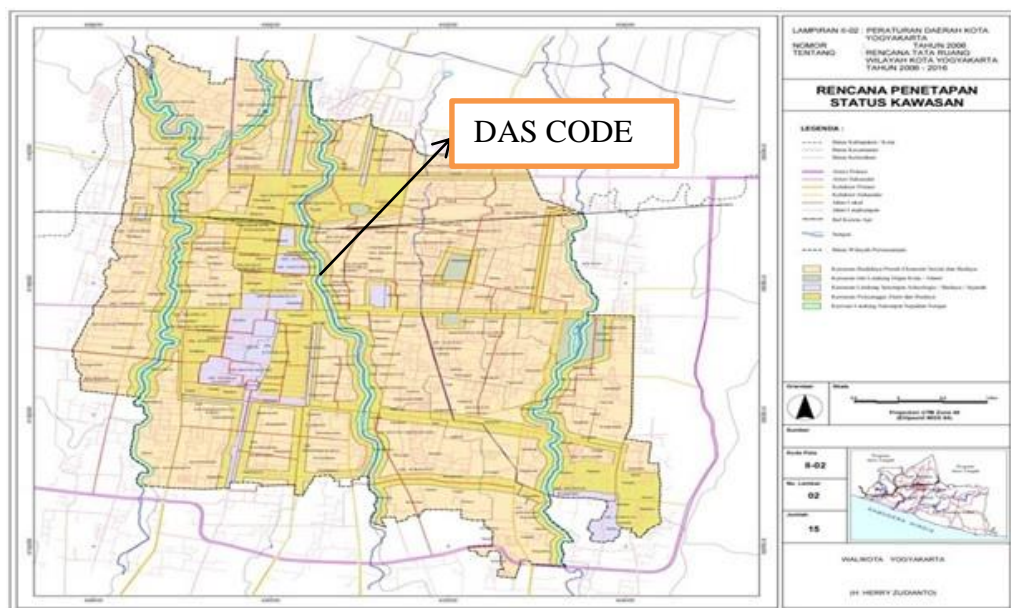
Sungai Code merupakan salah satu sungai yang membelah kota Yogyakarta menjadi 2 bagian melewati pusat kota dengan pemukiman penduduk yang sangat padat. DAS Sungai Code memiliki luas keseluruhan sekitar 4.006,25 Ha. Melintasi tiga wilayah kabupaten/kota, yaitu; Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul. Sistem Sungai Code memiliki panjang total \pm 41 km, membentang dari Bukit Turgo di lereng Gunung Merapi dan bermuara di Sungai Opak (Agustina, 2007).

Berdasarkan sumber yang didapat dari Laporan BLH DIY Tahun 2015 Sungai Code terbagi menjadi 2 sungai, yaitu:

1. Sungai Boyong (sebelah hulu), panjang sungai 23 km dengan batas hilir di Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman.
2. Sungai Code (sebelah hilir), panjang sungai 18 km dengan batas hilir tepat di pertemuan dengan Sungai Opak di Kecamatan Jetis Kabupaten Bantul.

Sebelum memasuki Kota Yogyakarta, Sungai Code melewati areal pertanian subur yang sangat luas dan kemungkinan besar limbah kimia pertanian akan

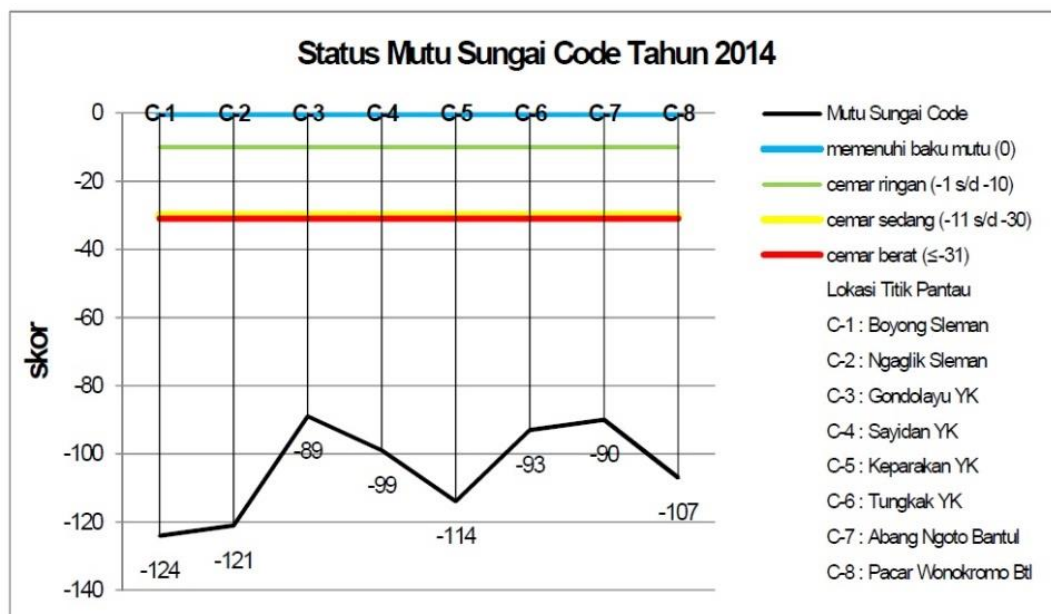
masuk dan mencemari Sungai Code dari hulu. Setelah memasuki Kota Yogyakarta, diprediksi akan terjadi peningkatan jumlah sumber pencemar, antara lain limbah dari rumah sakit, hotel, pabrik penyamakan kulit, pabrik karoseri mobil dan sampah limbah domestik yang secara kumulatif dapat berdampak terhadap kualitas lingkungan (Agustina, 2007). Peningkatan tingkat pencemaran tersebut apabila tidak dilakukan pengendalian secara dini akan mengganggu kelangsungan hidup manusia maupun lingkungan sekitarnya.



Gambar 2.1 Letak DAS Code

Status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan (KEPMEN LH No. 115 Tahun 2003). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup DIY pada tahun 2014 dengan menggunakan metode STORET menunjukkan bahwa Sungai Code tergolong tercemar berat. Nilai Storet berkisar antara -89 hingga -124, dimana nilai ini sangat jauh melampaui batas minimal dari kategori cemar berat (≤ -31). Nilai tertinggi (-89) ada di lokasi titik pantau C-3 (Jembatan Gondolayu Yogyakarta) dan nilai terendah (-124) justru berada wilayah hulu sungai tepatnya di lokasi titik pemantauan C-1 (Jembatan Boyong Sleman). Dibandingkan dengan lokasi lain, titik pantau C-3 merupakan lokasi

dengan skor nilai status mutu paling tinggi (-86), namun demikian skor ini masih jauh di bawah standar cemar berat (≤ 30). Titik pantau paling tercemar berada di titik pantau C-1 yakni Jembatan Boyong. Titik pantau C-1 (Jembatan Boyong Sleman) termasuk kategori kelas I, dimana sesuai Peraturan Gubernur D.I. Yogyakarta No. 22 Tahun 2007 tentang Penetapan Kelas Air Sungai di D.I. Yogyakarta, air kelas satu peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Baku mutu untuk kelas satu sangat ketat, salah satu diantaranya adalah parameter TDS harus 0 mg/L. Hal ini tentunya sangat sulit terwujud, mengingat di daerah hulu Sungai Code, sisa-sisa lumpur erupsi merapi masih cukup banyak sehingga sangat berpengaruh terhadap konsentrasi TDS. Beberapa parameter yang melebihi baku mutu dan memberikan kontribusi skor negatif pada lokasi titik pantau C-1 (Jembatan Boyong Sleman) adalah parameter TSS, BOD, COD, Klorin Bebas, Nitrit, Sulfida, Fenol, Fosfat, Besi, Mangan, Warna, Timbal, Koli Tinja dan Total Koli.



Gambar 2.2 Grafik Status Mutu Air Sungai Code 2014
(Sumber: Laporan SLHD DIY Tahun 2014)

2.4 Kualitas Air

Kualitas air sungai dipengaruhi oleh kondisi sungai dan kondisi suplai air dari daerah penyangga sungai. Kondisi suplai air dari daerah penyangga dipengaruhi aktivitas dan perilaku penghuninya. Pada umumnya daerah hulu mempunyai kualitas air yang lebih baik daripada daerah hilir. Dari sudut pemanfaatan lahan, daerah hulu relatif sederhana dan bersifat alami seperti hutan dan perkampungan kecil. Semakin ke arah hilir keragaman pemanfaatan lahan menjadi meningkat. Sejalan dengan hal tersebut suplai limbah cair dari daerah hulu yang menuju daerah hilir pun menjadi meningkat. Pada akhirnya daerah hilir merupakan tempat akumulasi dari proses pembuangan limbah cair yang dimulai dari hulu (Wiwoho, 2005).

Daerah hulu dengan pola pemanfaatan lahan yang relatif seragam, mempunyai kualitas air yang lebih baik dari daerah hilir dengan pola penggunaan lahan yang beragam. Semakin kecil tutupan hutan dalam sub DAS serta semakin beragamnya jenis penggunaan lahan dalam sub DAS menyebabkan kondisi kualitas air sungai yang semakin buruk, terutama akibat adanya aktivitas pertanian dan pemukiman (Supangat, 2008 dalam Agustiniingsih, 2012).

Kualitas air sungai merupakan kondisi kualitatif yang diukur berdasarkan parameter tertentu dan dengan metode tertentu sesuai peraturan perundangan yang berlaku. Kualitas air sungai dapat dinyatakan dengan parameter yang menggambarkan kualitas air tersebut. Parameter tersebut meliputi parameter fisika, kimia dan biologi (Asdak, 2010 dalam Agustiniingsih, 2012).

2.5 Pencemaran Air

Pencemar air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas air dan Pengendalian Pencemaran Air).

Air dikatakan tercemar apabila kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu dikarenakan kadar zat atau energi yang ada di dalam air tersebut telah

melebihi kadar yang ditenggang keberadaannya dalam air sehingga dikatakan air telah melebihi baku mutu yang ditetapkan sehingga tidak bisa digunakan sesuai peruntukannya (Agustiningsih, 2012).

Sumber pencemaran dapat dibagi menjadi bentuk cair, bentuk padat dan bentuk gas serta kebisingan. Sumber pencemaran dalam air sungai, akan mempengaruhi kehidupan dalam sungai, dikarenakan pembubuhan bahan kimia atau limbah industri dari rumah tangga serta dapat meracuni organisme yang hidup di dalam air (Sastrawijaya A, 2009).

Pencemaran sungai didefinisikan sebagai perubahan kualitas suatu perairan akibat kegiatan manusia, yang pada gilirannya akan mengganggu kehidupan manusia itu sendiri ataupun makhluk hidup lainnya. Perubahan tersebut dapat disebabkan oleh senyawa yang masuk ke aliran sungai yang bergerak ke hilir bersama aliran air atau tersimpan di dasar, berakumulasi (khususnya pada endapan) dan suatu saat dapat juga terjadi pencucian atau pengenceran. Senyawa tersebut (utamanya yang beracun) berakumulasi dan menjadi suatu konsentrasi tertentu yang berbahaya bagi mata rantai kehidupan. Menurut (Miller, 1975) terdapat bentuk pencemar dapat dibedakan menjadi 2 tergantung dengan sumbernya yaitu:

1. *Point Sources* yaitu sumber pencemar yang membuang *efluen* (limbah cair) melalui pipa selokan atau saluran air kotor ke dalam badan air pada lokasi tertentu. Misalnya pabrik-pabrik yang membuang limbahnya langsung ke badan air (dalam hal ini sungai) atau jika yang diteliti adalah sungai induk, maka anak-anak sungai juga dapat diklasifikasikan sebagai suatu *Point Sources*.
2. *Non-Point Sources* yaitu terdiri dari banyak sumber yang tersebar yang membuang efluen baik ke dalam badan air maupun air tanah pada suatu daerah yang luas. Misalnya aktivitas penggunaan lahan, seperti pembangunan, fasilitas umum, pertanian dan penebangan hutan.

(*The Foundation for Water Resources, 2010*).

Beberapa jenis kegiatan utama yang menimbulkan pencemaran Sungai antara lain:

1. Kegiatan domestik, termasuk didalamnya kegiatan kesehatan (rumah sakit) dan *food additives* (seperti bahan pengawet makanan) serta kegiatan-kegiatan yang berasal dari lingkungan rumah tangga dan pemukiman (Sugiharto, 2008) baik di daerah perkotaan maupun pedesaan. Efluen yang biasa dibuang biasanya berupa pencemar organik, tapi juga dapat berupa senyawa inorganik, logam, garam-garaman (seperti deterjen) yang cukup berbahaya karena bersifat patogen.
2. Kegiatan industri; mempunyai banyak sekali variasi; di dalam kegiatan industri dan teknologi, air yang telah digunakan (air limbah industri) tidak boleh dibuang langsung ke lingkungan karena dapat menyebabkan pencemaran (Wardhana, 2004).
3. Kegiatan pertanian; limbah pertanian terdiri atas bahan padat bekas tanaman yang bersifat organik, penambahan pupuk dan pembasmi hama dan penyakit (pestisida), bahan pupuk yang mengandung nitrogen, fosfor, sulfur, mineral (Sastrawijaya, 2009) dimana senyawa-senyawa yang terdapat di dalamnya tidak mudah terurai walaupun dalam jumlah yang sedikit, tetapi justru aktif pada konsentrasi rendah. Selain itu, sedimen termasuk pencemaran yang cukup besar ketika terjadi penebangan pohon-pohonan, pembuatan parit-parit dan lain-lain. Pengelolaan Kegiatan yang terkait dengan pertanian mulai dari pengolahan tanah, penggunaan pupuk anorganik dan pestisida akan meningkatkan kandungan bahan kimia dalam tanah yang pada akhirnya meningkatkan kandungan bahan kimia dalam air sungai sehingga akan mempengaruhi kualitas air sungai melalui buangan dari lahan pertanian yang masuk ke badan air. Beberapa bahan pencemar seperti mikrobiologi (bakteri, virus, parasit), bahan organik (pestisida, deterjen) dan beberapa bahan inorganik (garam, asam, logam), serta beberapa bahan kimia lainnya sudah banyak ditemukan dalam air yang kita gunakan (Darmono, 2001). Pemakaian pupuk dan pestisida yang berlebihan dapat mencemari air. Limbah pupuk mengandung fosfat yang

dapat merangsang pertumbuhan gulma air seperti gulma dan enceng gondok.

2.6 Self Purification

Self purifikasi adalah kemampuan sungai dalam memperbaiki dirinya dari unsur pencemar. Menurunnya kandungan pencemar membuktikan bahwa swa purifikasi sungai memang benar-benar terjadi di sungai. Hal yang perlu diperhatikan adalah sesuai kaidah alam ada keterbatasan self purifikasi di dalam sungai sehingga apabila masuk sejumlah bahan pencemar dalam jumlah banyak maka kemampuan tersebut menjadi tidak terlalu berarti mengembalikan sungai dalam kondisi yang lebih baik. Kemampuan alamiah sungai inilah yang membatasi daya tampung sungai terhadap pencemar (Wiwoho, 2005).

Proses biologi dapat terjadi secara bakterial dimana bakteri membantu merubah senyawa beracun menjadi senyawa tidak beracun. Keberadaan tanaman air, perakaran tanaman yang berada di sekitar badan air, hewan perairan memberi sumbangan dalam memperbaiki kualitas air sungai (Wiwoho, 2005).

2.7 Baku Mutu

Baku mutu air 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. Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang baku mutu air di Provinsi DIY berdasarkan klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas:

- a. Air kelas I, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- b. Air kelas II, 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;

- c. Air kelas III, 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;
- d. Air kelas IV, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Wilayah penelitian Sungai Code sendiri terbagi menjadi beberapa kelas. Daerah hulu (Ngentak, Sleman) Code berada pada kelas I, untuk daerah tengah hingga hilir Code berada pada kelas II sedangkan untuk daerah Sewon bantul termasuk kedalam kelas III Peraturan Gubernur DIY No 20 tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY).

2.8 Daya Tampung Beban Pencemaran

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemar tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar.

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, yang dimaksud dengan Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) atau sering juga disebut beban harian maksimum total (*total maximum daily loads*) merupakan kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemar tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar.

Daya tampung beban pencemaran yang telah didapatkan dapat digunakan sebagai alat pertimbangan penentuan keputusan dan kebijakan daerah (Peraturan menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010) seperti:

- (1) penetapan rencana tata ruang,
- (2) pemberian izin usaha atau kegiatan,
- (3) pemberian izin pembuangan limbah, dan
- (4) penetapan mutu air serta arah kebijakan pengendalian pencemaran air.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan daya tampung beban pencemaran pada badan air adalah metode Neraca Massa, metode Streeter-Phelps dan metode Qual2E (KepMen LH No. 110 tahun 2003).

Penentuan daya tampung beban pencemaran (DTBP) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Daya Tampung = Beban pencemaran maksimum – beban pencemar kondisi awal

(Irsanda, 2014).

2.9 Parameter Uji Kualitas Air Sungai

Parameter yang menjadi tolak ukur monitoring dalam sungai Code pada penelitian ini ada 3 parameter yaitu Amonia (NH_4), Fosfat (PO_4), dan TSS dengan masing-masing penjelasan berikut.

2.9.1 Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Di perairan, nitrogen dapat berupa nitrogen anorganik dan organik. Nitrogen anorganik terdiri atas ammonia (NH_3), ammonium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) dan molekul nitrogen (N_2) dalam bentuk gas. Nitrogen organik berupa protein, asam amino dan urea. Sumber utama nitrogen antropogenik di perairan berasal dari wilayah pertanian yang menggunakan pupuk secara intensif maupun dari kegiatan domestik.

Ammonia (NH_3) dan garam-garamnya bersifat mudah larut dalam air. Sumber ammonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang berasal yang terdapat di dalam tanah dan air yang berasal dari dekomposisi bahan tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati oleh mikroba dan jamur (Effendi, 2003). Kadar ammonia bebas untuk kepentingan air minum tidak boleh lebih dari 0,5 mg/L, sementara bagi perikanan kandungan ammonia bebas untuk ikan yang peka adalah $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH_3 (PP 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air).

2.9.2 Fosfat (PO₄-P)

Di perairan, unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat. Fosfor total menggambarkan jumlah total fosfor, baik berupa partikulat maupun terlarut, anorganik maupun organik (Yuliasuti, 2011 dalam Sari, 2014). Sumber alami fosfor di perairan adalah pelapukan batuan mineral dan juga berasal dari proses dekomposisi bahan organik. Sumber antropogenik fosfor berasal dari limbah industri dan domestik yakni fosfor yang berasal dari detergen. Limpasan dari daerah pertanian yang menggunakan pupuk juga memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap keberadaan fosfor di perairan (Effendi, 2012 dalam Sari, 2014).

Di wilayah perkotaan (urban) sumber nutrien adalah kegiatan industri dan domestik. Detergen merupakan sumber utama penyebab peningkatan kadar fosfor dalam air. Di pedesaan (rural area), sumber utama peningkatan kadar fosfor adalah aktifitas pertanian yang menggunakan pupuk dalam jumlah besar. Hilangnya unsur hara dari daerah pertanian dan masuknya unsur hara ke perairan terjadi melalui 2 cara yaitu: (i) Drainase, adanya drainase akan melarutkan tanah pertanian yang banyak menerima pupuk (banyak mengandung unsur hara); (ii) Erosi tanah permukaan yang banyak mengandung unsur hara dan pergerakan partikel-partikel tanah yang berukuran halus, yang mengandung unsur hara dan terbawa sistem drainase bawah tanah (Wetzel, 1988). Unsur fosfat yang terdapat pada limbah pupuk dapat merangsang pertumbuhan gulma air seperti ganggang dan enceng gondok (Baherem, 2014).

Kandungan fosfor yang diperkenankan bagi kepentingan air minum adalah 0,2 mg/L dalam bentuk fosfat (PO₄). Kadar fosfor dalam bentuk fosfat untuk kepentingan perikanan tidak boleh lebih dari 1 mg/L (PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air).

Fosfor merupakan suatu komponen penting sekaligus sering menimbulkan permasalahan lingkungan dalam air. Fosfor termasuk salah satu dari beberapa unsur yang esensial untuk pertumbuhan ganggang dalam air (Achmad, 2004).

Kandungan fosfor yang tinggi dalam perairan menyebabkan suburnya algae dan organisme lainnya atau yang dikenal dengan eutrofikasi. Kesuburan tanaman akan menghalangi kelancaran arus air dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut (Ginting, 2007 dalam Sari, 2014).

2.9.3 Zat Padat Tersuspensi (TSS)

Padatan tersuspensi total atau total suspended solid adalah bahan-bahan tersuspensi yang terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Tingginya nilai kandungan TSS pada perairan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan (Effendi, 2003).

Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, maka nilai kekeruhan juga semakin tinggi. Kekeruhan pada perairan yang tergenang (lentik) seperti danau lebih banyak disebabkan oleh bahan tersuspensi yang berupa koloid dan partikel-partikel halus, sedangkan kekeruhan pada sungai yang sedang banjir disebabkan oleh bahan-bahan tersuspensi yang berukuran lebih besar yang berupa lapisan permukaan tanah yang terbawa oleh aliran air pada saat hujan (Effendi, 2003).

2.10 Pemodelan Kualitas Air

Model kualitas air adalah suatu formula idealisasi yang mewakili tanggap sistem fisik, biologi, kimia alam dari pengaruh eksternal. Model kualitas air digunakan untuk menggambarkan obyek-obyek hubungan dan respon antar obyek dan dari sistem alam yang rumit disederhanakan dengan menggunakan berbagai asumsi. Model Kualitas Air merupakan fungsi dari Biologi, Kimia, Klimatologi, Hidrologi dan Hidrolika. Model mempunyai kegunaan untuk simulasi, perencanaan, modifikasi lingkungan (Wiwoho, 2005).

Pemodelan kualitas air dimaksudkan untuk menggantikan kondisi nyata (*real world*) sehingga memungkinkan untuk mengukur dan bereksperimen dengan

cara yang mudah dan murah ketika eksperimen di laboratorium tidak mungkin dilakukan, terlalu mahal, atau membutuhkan waktu yang lama (*time consuming*) (Kurniawan, 2010). Pemodelan merupakan salah satu cara yang paling baik dalam pengorganisasian dan sintesis data lapangan yang bisa digunakan untuk membantu analisis secara kuantitatif. Pemodelan kualitas air dapat diterapkan untuk perhitungan daya tampung beban pencemar di suatu sumber air yaitu : sungai, danau atau waduk serta muara (*estuari*). *Streams model* misalnya memodelkan persebaran dan perubahan fisik, kimia dan biologi zat pencemar di sungai dengan memasukkan faktor kondisi iklim lokal, kondisi hidrolik badan sungai (kedalaman, lebar, gradien dan material penyusun dasar sungai), sifat dan perilaku zat pencemar (Baherem, 2014).

Pada penelitian ini pemodelan kualitas air sungai untuk mengetahui daya tampung beban pencemaran dilihat dari parameter Amonia, Fosfat dan TSS menggunakan metode QUAL2Kw. Karena metode numerik terkomputerisasi QUAL2Kw tersebut dapat digunakan untuk mensimulasikan 15 jenis pencemar. Model ini dapat mensimulasikan sejumlah konstituen diantaranya suhu, pH, permintaan biokimia karbon, permintaan sedimen oksigen, DO (oksigen terlarut), nitrogen organik, nitrogen amonia, nitrit dan nitrat nitrogen, fosfor organik, fosfor anorganik, nitrogen total, total fosfor, fitoplankton, dan ganggang bawah (*algae bottom*). Salah satu kelebihan lainnya dalam menggunakan program tersebut adalah lebih memudahkan dalam mensimulasikan kualitas air sungai dengan kondisi lapangan yang ada serta dapat meminimalkan biaya. Oleh karena itu metode QUAL2Kw dipilih menjadi metode untuk mengetahui daya tampung beban pencemar Sungai Code yang mampu mensimulasikan atau memprediksi prediksi kualitas air sungai jika aliran limbah melebihi baku mutu. Simulasi inilah yang akhirnya dapat digunakan untuk memudahkan dalam pengelolaan air sungai sehingga daya tampung beban pencemaran dapat sesuai dengan baku mutu yang diperbolehkan.

2.11 Metode QUAL2KW

Metode QUAL2Kw merupakan salah satu metode perhitungan daya tampung beban cemaran air dengan cara pembuatan model dimana model ini dibuat berdasarkan penyederhanaan kondisi di lapangan. QUAL2Kw adalah model kualitas air sungai yang memodelkan satu dimensi (diasumsikan arus air sudah tercampur sempurna secara vertikal dan lateral), kondisi aliran *steady state*. QUAL2Kw membagi sungai menjadi bagian-bagian perhitungan. Setiap bagian yang disebut reach atau ruas dibagi lagi dalam sejumlah unsur perhitungan yang masing-masing mengandung kesetimbangan hidrologi, kesetimbangan panas dan suhu, dan kesetimbangan massa dalam konsentrasi. Kesetimbangan massa memperhitungkan massa hilang atau bertambah melalui proses pembuangan air limbah atau pengambilan air dari sungai serta proses internal seperti reaksi penguraian senyawa organik dan fotosintesa (Baherem, 2014).

Perhitungan beban cemaran dikembangkan oleh Streeter-Phelps (1925) dimana penentuan beban pencemaran air didasarkan pada kurva defisit DO (Dissolved Oxygen) dengan anggapan bahwa kebutuhan oksigen (BOD) di air diperlukan untuk kehidupan perairan sehingga kebutuhan oksigen di air ini dapat digunakan untuk mengukur terjadinya pencemaran.

Pemodelan Streeter-Phelps hanya terbatas pada dua fenomena, yaitu proses pengurangan oksigen terlarut oleh proses bakteri dalam mendegradasi bahan organik yang ada di dalam air dan proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi) yang disebabkan turbulensi yang terjadi pada aliran sungai. Selanjutnya model ini pada tahun 1970 dikembangkan oleh Texas Water Development Board yang disebut paket DOSAG1. Program DOSAG1 selanjutnya oleh Texas Water Development Board dikembangkan kemampuannya untuk menghitung DO, BOD, Suhu dengan pengaturan Suhu dilakukan secara internal selama simulasi dilakukan, paket software ini disebut Qual I.

Badan Perlindungan Amerika Serikat (US Environmental Protect Agency) akhirnya mengambil alih pengembangan Qual I dikembangkan menjadi paket program Qual II, yang lebih mampu untuk melaksanakan simulasi pada badan air Sungai yang lebih kompleks dan mampu mensimulasikan interaksi dengan

lingkungan yang berhubungan dengan fotosintesa, simulasi berbagai macam nutrient dan keterkaitannya dengan oksigen terlarut. Simulasi dapat dilakukan dalam aliran steady dan unsteady yang dapat dijalankan pada sistem operasi Windows 98 dan paket program Qual2e bersifat public domain.

Hubungan rumit antara beban limbah dari sumber yang berbeda dan kualitas air yang dihasilkan dari perairan menerima paling baik digambarkan dengan model matematika (Kannel *et al.*, 2007). Model matematika yang paling banyak digunakan untuk evaluasi dampak polutan konvensional adalah QUAL2E. Perangkat lunak QUAL2Kw adalah suatu kerangka kerja pemodelan yang ditujukan untuk memperbaharui QUAL2E (Brown dan Barnwell 1987) yang merupakan standar model kualitas air United State Environment Protection Agency (US-EPA). Namun, beberapa keterbatasan QUAL2E telah dilaporkan Park dan Uchirin (Kannel *et al.*, 2007). Salah satu kekurangan utama adalah tidak adanya ketentuan untuk konversi kematian alga, permintaan oksigen untuk biokimia karbon. Park dan Lee (Kannel *et al.*, 2007) mengembangkan QUAL2K tahun 2002 setelah modifikasi QUAL2E. Modifikasi yang mencakup perluasan struktur komputasi dan penambahan interaksi konstituen baru: direksi alga, denitrifikasi dan DO perubahan yang disebabkan oleh tanaman tetap. Pelletier dan Chapra (Kannel *et al.*, 2007) mengembangkan model QUAL2Kw, dengan memodifikasi QUAL2K, yang dimaksudkan untuk mewakili versi modern dari QUAL2E. QUAL2Kw adalah satu-dimensi, kondisi aliran air model kualitas dan dilaksanakan di lingkungan Windows Microsoft. Hal ini didokumentasikan dengan baik dan tersedia secara bebas (<http://www.epa.gov/>).

Program Qual2kw ini juga mempresentasikan sebuah sungai berdasarkan dampak dari dua sumber yaitu yang berasal dari *point sources* dan *non point sources* (Pelletier, 2008).

QUAL2Kw adalah kerangka untuk simulasi kualitas air di sungai dengan menggunakan pendekatan jenis aliran satu dimensi dengan pola tunak (*steady*). QUAL2Kw adalah versi terbaru dari model QUAL2E (J.C. Brown, 1987). QUAL2Kw merupakan produk pengembangan dari model QUAL2K yang

dikembangkan oleh Dr. Steven C. Chapra dari Tufts University (S.C. Chapra, 2003).

Berdasarkan Pelletier dan Chapra (2008), karakter pemodelan pada QUAL2Kw mempertimbangkan aspek-aspek berikut :

1. *One dimensional* (satu dimensi). Dimana air dianggap tercampur secara vertikal ataupun lateral.
2. *Dynamic heat budget*. Neraca panas dan temperatur disimulasikan secara dinamis pada satu skala waktu (*diel time scale*).
3. *Dynamic water-quality kinetics*. Seluruh variabel kualitas air yang diinginkan dapat disimulasikan pada satu skala waktu (*diel time scale*).
4. *Head and mass input*. Beban *point sources* dan *non-point sources* serta pengambilan air (*withdrawals*) disimulasikan.

Manfaat yang dapat diambil dari pemodelan kualitas air menggunakan metode QUAL2Kw adalah :

1. Mengetahui karakteristik sungai yang akan dimodelkan dengan membandingkan data yang telah diambil langsung dari sungai tersebut.
2. Mengetahui kelakuan aliran sepanjang sungai bila terdapat penambahan beban dari sumber-sumber pencemar baik yang tidak terdeteksi maupun yang terdeteksi.
3. Dapat memperkirakan pada beban berapa limbah suatu industri dapat dibuang ke sungai tersebut agar tidak membahayakan makhluk lainnya sesuai baku mutu minimum.

2.12 Penelitian Sebelumnya

Sebelumnya penelitian terkait daya tampung beban pencemaran sungai telah dilakukan pada suatu sumber air telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Perbedaan dengan penelitian sebelumnya adalah pada lokasi kajian serta parameter yang digunakan. Penelitian ini memfokuskan pada pencemaran amonia, fosfat dan TSS yang diambil di titik-titik pemantauan yang mewakili keadaan lokasi sekitar. Secara lebih jelas penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Judul	Tujuan	Metode & Parameter	Hasil Penelitian
1	Wiwoho	2005	Model Identifikasi Daya Tampung Beban Cemar Sungai Dengan QUAL2E (Studi Kasus Sungai Babon)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi daya tampung beban cemar BOD dengan menggunakan metode Qual2e. 2. Merekomendasikan kelas sungai Babon untuk pengendalian pencemaran sungai di masa yang akan datang. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membagi sungai Babon menjadi 8 ruas, dengan parameter BOD, hidrologi, debit dan penampang sungai. 2. Menghitung beban pencemaran. 3. Membuat simulasi model untuk kualitas mutu air sungai Babon. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hasil daya tampung beban cemar Sungai Babon pada Km 0-6 melampaui kelas 1, Km 6-40 sudah melampaui kelas 1, 2, 3 dan 4. 2. Merekomendasikan klasifikasi kelas untuk sungai Babon pada Km 0-5 dapat dimasukkan ke kelas 2, Km 6-26 masuk kelas 3, 26-40 masuk kelas 4 (dengan penurunan beban cemar).
2	Prakash Raj Kannel, S. Lee, Y.S. Lee, S.R. Kannel dan G.J. Pelletier	2007	Aplication of Automated Qual2Kw for Water Quality Modelling and Management in the Bagmati River, Nepal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memodelkan kondisi kualitas air di Sungai Bagmati. 2. Memberikan rekomendasi batas pencemaran untuk menjaga kondisi kualitas air di Sungai Bagmati. 	<p>Kuantitatif, Pemodelan kualitas air untuk mengetahui kondisi kualitas air dan manajemen Bagmati. Parameter : DO, COD, Total Nitrat, Total Fosfat, dan Temperatur</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grafik hasil pemodelan kualitas air menggunakan Qual2Kw tiap parameter. 2. Strategi pengelolaan kualitas air Sungai Bagmati.

3	Eko Sugiharto, Christian W.P.S. dan Endang Astuti	2014	Kajian Total Daya Tampung Beban Pencemaran Harian Menggunakan Pemodelan QUAL2K Untuk Pencemar BOD, TSS, Ammonia, Fosfat dan Nitrat di Sungai Kampung Bugis Tarakan	Mengetahui nilai beban pencemar maksimum yang diizinkan oleh pemerintah dengan cara membuat simulasi dan perhitungan kondisi kritis dengan menggunakan kondisi perhitungan TMDL dan Pemodelan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membagi wilayah studi menjadi 3 segmen utama dengan total 19 ruas pengukuran. 2. Simulasi hidrologi dan kualitas air dengan model QUAL2K serta perhitungan TMDL. 	Hasil menunjukkan secara garis besar, keberadaan pencemar di Sungai Kampung Bugis bervariasi dari bagian hulu menuju hilir.
4	Baherem	2014	Strategi Pengelolaan Sungai Berdasarkan Daya Tampung Beban Pencemaran dan Kapasitas Asimilasi – Studi Kasus : Sungai Cibanten Provinsi Banten	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menganalisis lokasi sumber dan mengkuantifikasi beban pencemaran di Sungai Cibanten. 2. Menganalisis Nilai daya tampung beban pencemaran BOD, COD dan TSS di aliran sungai 3. Menganalisis kapasitas asimilasi Sungai Cibanten 4. Menyusun strategi pengelolaan lingkungan dalam memperbaiki kualitas air sungai Cibanten 	<p>Observasi lapangan, pengumpulan data, penggunaan model Qual2kw, penentuan status mutu air, penentuan segmentasi sungai, metode kapasitas asimilasi, penentuan strategi pengelolaan sungai</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nilai beban pencemar kondisi eksisting (segmen 1) sebesar 16829 kg/hari dengan DTBP BOD sebesar 561 kg/hari, nilai beban pencemar BOD eksisting segmen 2 sebesar 6862 kg/hari dengan DTBD 3465 kg/hari, nilai beban pencemar segmen 3 sebesar 651 kg/hari dengan DTBD BOD sebesar 867 kg/hari sehingga harus diturunkan agar memenuhi baku mutu kelas II. 2. Berdasar hasil analisis

						kapasitas asimilasi parameter COD Sungai Cibanten dalam kondisi tercemar.
5	Panthera Grandis Raga Irsanda, dan Nieke Karnaningroem dan Didik Bambang S	2014	Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Pelayaran Kabupaten Sidoarjo Dengan Metode Qual2kw	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengaplikasikan metode Qual2kw dalam mengevaluasi kualitas air Kali Pelayaran dengan simulasi 4 skenario. 2. Menghitung daya tampung beban pencemaran di Kali Pelayaran. 	Observasi lapangan, pembagian segmen sungai, sampling kualitas air, pengumpulan data, Penggunaan model Qual2kw.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluasi kondisi kualitas air Kali Pelayaran dengan 4 simulasi skenario untuk IPA Taman Tirta Sidoarjo 2. Daya tampung beban pencemaran maksimum dan minimum untuk setiap parameter.
6	Akhmad Darajati Setiawan	2015	Pemodelan Kualitas Air Untuk Penilaian Daya Tampung Beban Pencemaran Menggunakan <i>Software</i> "Qual2Kw" Di Sungai Bedog	<ol style="list-style-type: none"> 3. Mengetahui nilai beban pencemar (BP) parameter BOD dan COD. 4. Mengetahui nilai daya tampung beban pencemar (DT) parameter BOD dan COD. 5. Mengetahui nilai BP yang harus dikurangi agar sesuai dengan nilai DT untuk parameter BOD dan COD 	Kuantitatif, Pemodelan kualitas air untuk mengetahui nilai beban pencemar dan daya tampung beban pencemar di Sungai Bedog. Parameter : BOD dan COD	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grafik pemodelan kualitas air dengan Qual2Kw untuk tiap parameter 2. Informasi nilai beban pencemar yang harus dikurangi di Sungai Bedog