

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Sungai**

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 35 Tahun 1991 tentang Sungai disebutkan bahwa sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan.

Sungai juga dapat diartikan sebagai bagian permukaan bumi yang letaknya lebih rendah dari tanah disekitarnya dan menjadi tempat mengalirnya air menuju laut, danau, rawa atau sungai lainnya.

Sungai adalah bagian dari permukaan bumi yang karena sifatnya, menjadi tempat air mengalir (Syarifuddin dkk, 2000). Dapat disimpulkan bahwa sungai adalah bagian dari daratan yang menjadi tempat aliran air yang berasal dari mata air atau curah hujan.

#### **2.2 Daya Tampung**

Daya tampung lingkungan merupakan kemampuan lingkungan untuk menyerap, menampung, dan menahan zat atau energi yang dimasukkan kedalam lingkungan tersebut. Daya tampung sungai adalah kemampuan sungai untuk menampung zat atau energi yang masuk atau dimasukkannya kedalam sungai tersebut (Abdi, 2011).

Daya tampung sendiri merupakan batasan yang dapat diterima oleh suatu komponen. Maka, apabila kemampuan menampung suatu beban tersebut telah melebihi batasan-batasan dari suatu komponen, maka akan terjadi kerusakan. Sungai merupakan lingkungan yang paling sering tercemar karena biasanya

digunakan sebagai sarana tempat pembuangan limbah, kegiatan mandi dan mencuci, dan juga biasanya digunakan sebagai tempat buang air besar dan kecil. Hal tersebut dapat mempengaruhi keadaan sungai karena memberikan beban pencemaran yang sangat besar terhadap sungai sehingga dapat melebihi batasan daya tampung sungai yang dapat diterima. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung daya tampung :

$$\text{Daya Tampung} = \text{Beban Pencemar Penuh} - \text{Beban Kondisi Awal}$$

Beban pencemar penuh merupakan kondisi pada saat telah dimasukkan pencemaran dari *point source* maupun *diffuse source*, sedangkan beban kondisi awal merupakan kondisi pada saat tidak ada pencemaran yang masuk (Irsanda, 2014).

Bahan pencemar (polutan) adalah bahan-bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan yang berasal dari alam itu sendiri yang memasuki suatu tatanan ekosistem sehingga mengganggu peruntukan ekosistem tersebut. Berdasarkan cara masuknya ke dalam lingkungan, polutan dikelompokkan menjadi dua, yaitu polutan alamiah dan polutan antropogenik. Polutan alamiah adalah polutan yang memasuki suatu lingkungan secara alami, misalnya akibat letusan gunung berapi, tanah longsor, banjir dan fenomena alam yang lain. Polutan antropogenik adalah polutan yang masuk ke badan air akibat aktivitas manusia, misalnya kegiatan domestik, kegiatan urban (perkotaan), maupun kegiatan industri. Intensitas polutan antropogenik dapat dikendalikan dengan cara aktivitas yang menyebabkan timbulnya polutan tersebut (Effendi, 2003).

Sungai maupun lingkungan memiliki daya pemulihan atau *self purification*. *Self purification* merupakan kemampuan lingkungan untuk memulihkan atau mengembalikan ke keadaan semula dari beban pencemaran yang telah masuk, namun hal ini harus didukung oleh daya tampung dari lingkungan tersebut, lingkungan membutuhkan waktu untuk memulihkan diri dari beban pencemar, pemulihan akan berlangsung apabila beban pencemaran yang masuk masih di bawah daya tampung lingkungan, dengan daya tampung tersebut akan

ada waktu untuk terjadinya proses secara fisik, kimia, maupun biologi pada lingkungan tersebut sehingga pemulihan lingkungannya pun dapat terproses. Namun, apabila beban yang masuk telah melebihi daya tampung dari lingkungan tersebut maka proses pemulihan lingkungan tersebut akan terproses lama bahkan tidak dapat terproses.

Menurut Hendrasarie dan Cahyarani, (2008), pengembangan pemurnian alami atau self purification terdiri dari beberapa zona, yaitu :

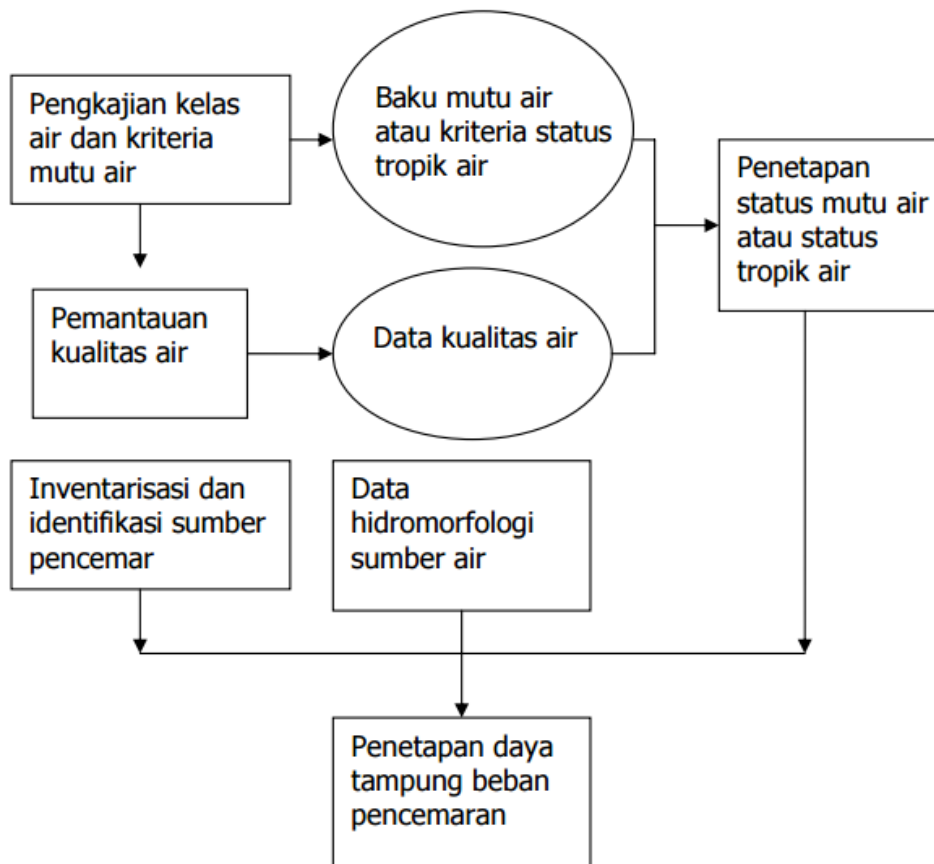
1. Zona air bersih, zona ini terdapat jauh di hulu sungai, jauh dari sumber pencemaran. Indikatornya adalah masih dapat dimanfaatkan air sebagai bahan air minum.
2. Zona Dekomposisi, zona ini terdapat pada daerah sumber pencemaran, limbah yang mengalir akan didekomposisi/dioksidasi proses pembongkaran bahan organik oleh bakteri dan mikroorganisme. Indikator daerah ini kaya akan bakteri dan mikroorganisme.
3. Zona Biodegradasi, pada daerah ini terjadi penurunan oksigen terlarut (dissolved oxygen), sehingga nilai COD di perairan sangat tinggi.
4. Zona pemulihan, pada zona ini kualitas air kembali bersih, nilai oksigen terlarut kembali normal.

Ada batasan kadar zat, energi atau komponen lain yang ada atau harus ada dan atau unsure pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air pada sumber air tertentu sesuai dengan peruntukannya. Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Daerah Istimewa Yogyakarta, menyatakan :

- Kelas I : Air dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.
- Kelas II : Air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
- Kelas III : Air yang dapat digunakan untuk peternakan, perikanan

Kelas IV : Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Daya tampung beban pencemar yang juga sering disebut dengan total beban harian maksimum (*total maximum daily loads*) merupakan kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Penetapan daya tampung beban pencemar merupakan pelaksanaan pengendalian pencemaran air yang menggunakan pendekatan kualitas air (*water quality-based control*). Pendekatan ini bertujuan mengendalikan zat pencemar yang berasal dari berbagai sumber pencemar yang masuk ke dalam sumber air dengan mempertimbangkan kondisi intrinsik sumber air dan baku mutu air yang ditetapkan. Dalam penetapan daya tampung beban pencemaran terdapat beberapa tahapan, berikut adalah tahapan penetapan daya tampung beban pencemaran air :



Sumber : Permen LH No. 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air

**Gambar 2.1** Tahapan Penetapan Daya Tampung Beban Pencemar Air

Pengkajian kelas air dilakukan agar dapat diketahui keadaan lokasi studi apakah telah tercemar dilihat dari data kualitas air dari lokasi studi apakah memenuhi baku mutu atau tidak. Apabila pada lokasi studi kualitas air belum dikaji, maka perlu dilakukan pemantauan kualitas air dari lokasi studi tersebut sehingga dapat diketahui kualitas air dari lokasi studi tersebut, lalu menetapkan status mutu air dari lokasi studi.

Langkah berikutnya melakukan inventarisasi dan identifikasi kondisi hidrologi, morfologi dan faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap kondisi sumber air yang akan ditentukan daya tampung beban pencemarannya yang meliputi paling sedikit:

- A. Peta dasar (peta rupa bumi atau peta topografi).

- B. Data klimatologi dan meteorologi, antara lain: radiasi sinar matahari, suhu udara, kecepatan angin dan tutupan awan.
- C. Data hidrolis sumber air yang meliputi: debit, volume, lebar, kedalaman, kemiringan hidrolis, kecepatan air.
- D. Data kualitas air sumber air..

Setelah itu tahapan yang terakhir adalah menghitung daya tampung beban pencemaran air sungai dengan metode yang sudah ada, seperti : perhitungan kesetimbangan neraca massa, pemodelan numerik terkomputerisasi, dan sebagainya.

### **2.3 Parameter *Potential of Hydrogen* (pH)**

Definisi pH adalah ukuran keasaman atau kebasaan dari suatu larutan. Angka batasan praktis pH ialah 0 – 14 dan netral apabila pada angka 7. Apabila angka pH semakin kurang dari 7, maka semakin kuat asamnya. Sebaliknya apabila angka pH semakin besar dari 7, maka semakin kuat basanya (Mahida. 1984).

### **2.4 Parameter *Dissolved Oxygen* (DO)**

*Dissolved Oxygen* (DO) merupakan oksigen terlarut yang terkandung pada air, DO dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2000).

### **2.5 Parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)**

*Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik, pada kondisi

aerobik. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (Pescod, 1973).

Parameter BOD, secara umum banyak dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran air buangan. Penentuan BOD sangat penting untuk menelusuri aliran pencemaran dari tingkat hulu ke muara. Sesungguhnya penentuan BOD merupakan suatu prosedur bioassay yang menyangkut pengukuran banyaknya oksigen yang digunakan oleh organisme selama organisme tersebut menguraikan bahan organik yang ada dalam suatu perairan, pada kondisi yang hampir sama dengan kondisi yang ada di alam. Selama pemeriksaan BOD, contoh yang diperiksa harus bebas dari udara luar untuk mencegah kontaminasi dari oksigen yang ada di udara bebas. Konsentrasi air buangan/sampel tersebut juga harus berada pada suatu tingkat pencemaran tertentu, hal ini untuk menjaga supaya oksigen terlarut selalu ada selama pemeriksaan. Hal ini penting diperhatikan mengingat kelarutan oksigen dalam air terbatas dan hanya berkisar  $\pm 9$  ppm pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  (Sawyer & McCarty, 1978).

## **2.6 Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)**

*Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Limbah organik akan dioksidasi oleh *Kalium Bichromat* ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) sebagai sumber oksigen menjadi gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  serta sejumlah ion *Crhom*. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik (Mahida, 1984).

## **2.7 Parameter *Total Suspended Solid* (TSS)**

Total Suspended Solid (TSS) adalah bahan padat yang dihilangkan pada penyaringan melalui media standar halus dengan diameter 1 mikron. Bahan padat tersuspensi dikelompokkan lagi dalam bahan padat yang tetap dan yang menguap.

Bahan padat yang menguap merupakan bahan yang bersifat organik yang diharapkan dapat dihilangkan melalui penguraian secara biologis atau pembakaran (Mahida. 1984).

## **2.8 *Point Source***

*Point source* merupakan sumber pencemaran yang dibuang melalui titik lokasi khusus dengan menggunakan pipa, selokan maupun pembuangan langsung menuju ke permukaan badan air (Hogan, 2010).

Sumber pencemaran ini dapat diketahui dengan jelas lokasi sumbernya. Sumber pencemaran ini terutama berasal dari pipa-pipa pembuangan limbah cair dari industri yang tidak mengolah limbahnya.

## **2.9 *Diffuse Source***

*Diffuse Source* merupakan sumber pencemar yang tidak terlokalisasi secara definitif. Sumber pencemaran ini biasanya berasal dari daerah pinggiran kota (*sub-urban*), kota-kota besar, rumah-rumah pedesaan (*rular homes*), pertanian dan peternakan (Hogan, 2010).

Sumber pencemaran ini tersebar dari beberapa daerah dan tidak langsung mencemari badan air. Biasanya, pencemar ini terlebih dahulu mencemari air tanah atau saluran air (saluran air terbuka maupun tertutup), yang kemudian bermuara di badan air, seperti sungai dan laut.



## 2.10 Software Pemodelan QUAL2Kw

QUAL2Kw adalah kerangka untuk simulasi kualitas air di sungai dengan menggunakan pendekatan aliran satu dimensi dengan pola tunak (*steady*). QUAL2kw adalah versi terbaru dari model Qual2E (Brown, 1987). QUAL2Kw diadaptasi dari model Qual2K yang awalnya dikembangkan oleh Dr Steven C. Chapra dari *Tufts University* (Chapra, 2008).

Lembar kerja QUAL2Kw yang baru yang merupakan pengembangan dari Qual2K dan Qual2E adalah sebagai berikut :

- a. *Software* Lingkungan dan hubungan. Microsoft Excel merupakan *software* yang diprogramkan untuk grafis hubungan pada QUAL2Kw.
- b. Model segmentasi. Setiap beban dan *abstraction* dapat di input pada setiap titik di QUAL2Kw.
- c. Spesiasi BOD mengandung karbon. Terdapat oksidasi lambat (*slow* CBOD) dan oksidasi cepat (*fast* Oksidasi).
- d. Anoksik. Denitrifikasi dimodelkan sebagai reaksi tahap pertama yang akan mengungkapkan pada saat konsentrasi oksigen rendah.
- e. Interaksi sedimentasi pada air.
- f. *Bottom algae*. Model untuk simulasi konsentrasi *bottom algae*, dimana alga merupakan variabel stokiometri.
- g. Keadaan cahaya. Keadaan cahaya dapat memperhitungkan fungsi alga, kematian alga, dan zat anorganik.
- h. pH. pH sungai dapat disimulasikan berdasarkan dua kuantitas.
- i. Pathogen. Pengurangan pathogen dipengaruhi oleh suhu, cahaya, dan pengendapan.
- j. *Hyporheic metabolism*. Dapat mensimulasikan metabolisme dari bakteri heteropik yang ada di *hyporeic zone*.
- k. Kalibrasi otomatis. Genetik algoritma merupakan salah satu nilai yang telah optimal untuk angka parameter kinetik sehingga dapat

menentukan perbandingan antara model dengan data yang telah diukur secara maksimal.

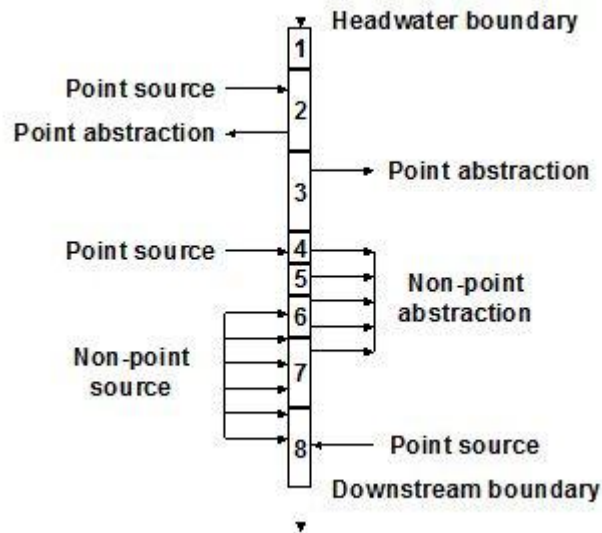
Kode yang digunakan untuk pengimplementasian perhitungan pada QUAL2Kw adalah *Visual Basic for Application* (VBA). Walaupun demikian, fortran juga tersedia sebagai pilihan. Sedangkan excel hanya bertindak sebagai input dari user. Satu set *worksheet* dalam QUAL2Kw digunakan untuk memasukkan parameter-parameter yang perlu untuk menghasilkan model yang siap untuk di-*running*. *Worksheet* ini ditandai dengan warna biru muda (Pelletter and Chapra, 2008).

Untuk menjalankan simulasi secara lengkap, *software* pemodelan Qual2Kw memerlukan data sebagai berikut :

1. Temperatur udara.
2. Tutupan awan.
3. Kecepatan angin.
4. Elevasi dan koordinat setiap ujung ruas sungai (*reach*).
5. Lebar sungai, kelerengan sungai dan tebing sungai (*slope* dan *side slope*).
6. Koefisien hambatan aliran sungai.
7. Zona waktu (berkaitan dengan lamanya penyinaran matahari).
8. Panjang dan debit aliran sungai utama.
9. Lokasi pemantauan kualitas air sungai (km).
10. Rincian aliran sungai yang masuk dan keluar sungai utama beserta debit aliran dan lokasi (km).
11. Lokasi (km) setiap sumber pencemaran beserta debit aliran dan kualitas limbahnya.
12. Pemantauan kualitas air limbah dengan parameter yang sama dengan parameter kualitas air namun pada tahap input data disesuaikan dengan jenis sumber pencemarnya.

Model kualitas air digunakan untuk menggambarkan obyek-obyek hubungan dan respon antar obyek dan dari system alam yang rumit disederhanakan dengan menggunakan berbagai asumsi model kualitas air yang

merupakan fungsi dari biologi, kimia, klimatologi, hidrologi dan hidrolika. Dalam pemodelan ada pembagian segmentasi agar lebih akurat dalam analisa yang akan dilakukan, berikut merupakan skema segmentasi pada QUAL2Kw (Chapra, 2008).



**Gambar 2.2** Skema segmentasi pada QUAL2Kw

Dari skema tersebut, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi beban yang diterima oleh sungai. Beban ada yang masuk dan ada yang keluar, beban masuk merupakan beban yang ditambahkan ke sungai, seperti pembuangan limbah yang menuju badan air, pembuangan limbah peternakan, pertanian, bahkan aliran anak sungai yang menuju ke sungai yang di bebaskan. Beban keluar (*abstraction*) merupakan beban yang keluar dari sungai yang dibebaskan, seperti air sungai merembes keluar sungai, terdapat percabangan pada sungai yang mengakibatkan beban yang diterima oleh sungai terbagi-bagi.