

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

##### **2.1.1 Sungai**

Menurut KBBI sungai adalah aliran air yang besar, yang pada umumnya buatan alam. Sungai adalah sarana dan jalur dimana produk-produk pelapukan benua menyebar ke lautan dunia. Lebih banyak air jatuh sebagai presipitasi daripada yang hilang melalui evaporasi dan transpirasi dari permukaan tanah ke atmosfer. Sehingga terjadi kelebihan air yang harus mengalir ke lautan (Leopold, L. B. (1994). *A View of the River*. Harvard University Press.). sungai menjadi rute yang dilalui oleh air yang ujungnya ke lautan. Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan, daerah sempadan sungai merupakan ruang penyangga atau perbatasan antara ekosistem di sungai dan di daratan yang memiliki fungsi agar kedua ekosistem terus berjalan dan tidak saling terganggu.

DAS merupakan daerah aliran sungai yang berbentuk wilayah daratan yang merupakan suatu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (PP No.38 tahun 2011). Penyimpanan dan pengaliran air yang berasal dari hujan akan dihimpun dan ditata berdasarkan hukum alam yang ada di tempat tersebut sesuai dengan keseimbangan ekosistem sungai di daerah tersebut, proses tersebut dikenal sebagai siklus hidrologi(Rahayu, 2009).

##### **2.1.2 Daerah Aliran Sungai Cipager**

DAS Cipager berada di wilayah Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat. Sungai ini memiliki panjang 37,39 km dan luas sungai ini adalah 67,86 km<sup>2</sup>. Daerah aliran sungai Cipager melewati dua kabupaten, yaitu Kabupaten Kuningan dan Kabupaten Cirebon. DAS Cipager memiliki 3 anak sungai, yaitu Rawa Tunjung,

Cikondang, dan Gempol. Kualitas air sungai Cipager, memiliki temperatur rata-rata berkisar antara 25,80°C – 29,00°C. Lalu memiliki kekeruhan rata-rata berkisar antara 26,00 NTU – 148,20 NTU. Lalu Daya Hantar Listrik Air rata-rata berkisar antara 169  $\mu$ mhos/cm – 266,50  $\mu$ mhos/cm. Lalu memiliki TDS (*Total Dissolved Solid*) rata-rata berkisar antara 33 mg/l – 240 mg/l. Memiliki pH atau tingkat keasaman rata-rata berkisar antara 6,70 – 8,12. Memiliki kandungan DO (*Dissolved Oxygen*) rata-rata berkisar antara 5,27 mg/l – 7,42 mg/l. Kandungan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) rata-rata berkisar antara 2,00 mg/l – 13,25 mg/l. Kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*) rata-rata berkisar antara 4,00 mg/l – 28,75 mg/l. Kandungan NH<sub>3</sub>-N rata-rata berkisar antara 0,14 mg/l – 0,34 mg/l. Kandungan NH<sub>4</sub>-N rata-rata berkisar antara 0,15 mg/l – 0,36 mg/l (BLH Kabupaten Cirebon, 2014).

### **2.1.3 Daerah Aliran Sungai (DAS)**

DAS adalah daerah tertentu yang bentuk dan sifat alaminya sedemikian rupa sehingga merupakan suatu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai yang melaluinya. Sungai dan anak-anak sungai tersebut berfungsi untuk menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan serta sumber air lainnya. Penyimpanan dan pengaliran air dihimpun dan ditata berdasarkan hukum alam di sekelilingnya sesuai dengan keseimbangan daerah tersebut (Rahayu, 2009). Menurut Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang sumber daya air, wilayah sungai merupakan gabungan dari beberapa daerah aliran sungai. 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, bantara ekologi, serta bantaran keamanan (UU No.7 Tahun 2004).

Fungsi utama DAS adalah sebagai hidrologis, dimana fungsi tersebut sangat dipengaruhi oleh jumlah curah hujan yang diterima, geologi dan bentuk lahan. Fungsi hidrologis yang dimaksud termasuk kapasitas DAS untuk mengalirkan air,

menyangga kejadian puncak hujan, melepaskan air secara bertahap, memelihara kualitas air, serta mengurangi pembuangan massa (seperti terhadap longsor). Berdasarkan fungsi, DAS dibagi menjadi tiga bagian, yaitu :

1. DAS bagian hulu

DAS bagian hulu dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan. DAS bagian hulu dicirikan sebagai daerah dengan lanskap pegunungan dengan variasi topografi, mempunyai curah hujan yang tinggi dan sebagai daerah konservasi untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi. DAS bagian hulu mempunyai arti penting terutama dari segi perlindungan fungsi tata air, karena itu setiap terjadinya kegiatan di daerah hulu akan menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan fluktuasi debit dan transport sedimen sistem aliran airnya.

2. DAS bagian tengah

DAS bagian tengah didasarkan dari fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan danau.

3. DAS bagian hilir

DAS bagian hilir didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah. Bagian hilir merupakan daerah pemanfaatan yang relatif landai dengan curah hujan yang lebih rendah.

Pengelolaan DAS adalah upaya manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya, agar terwujud kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya pemanfaatan sumber daya alam bagi manusia secara berkelanjutan menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012.

Tabel 2. 1. Pembagian Pengelolaan DAS

<b>Panel 1 : Pembagian DAS menjadi beberapa tata guna lahan</b>		
a. Pertanian	d. Agroforestry	f. Pertambangan
b. Perumputan	e. Kehutanan	g. Transportasi
• Irigasi	• Komersial	h. Perkotaan
• Lahan Kering	• Serba guna	i. Danau, waduk
c. Holikultura	• Perlindungan	
<b>Panel 2 : Pengembangan pemanfaatan sumber daya dan kegiatan pengelolaan untuk setiap unit pemanfaatan untuk masing-masing tata guna lahan utama</b>		
Pertanian Irigasi		Hutan Komersial
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipe tanaman pangan</li> <li>• Rotasi tanaman pangan</li> <li>• Jumlah dan pemberian air, pupuk, pestisida, buruh dan mesin</li> <li>• Metode penanaman</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode pemanfaatan air, pupuk, pestisida pohon</li> <li>• Instalasi dan perbaikan strip penyangga teras, dll.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipe jenis pohon</li> <li>• Rotasi dan distribusi</li> <li>• Jumlah dan waktu pemberian input</li> <li>• Metoda penanaman dan pemanenan, penjarinan, pemupukan.</li> </ul>
<b>Panel 3 : Pengembangan kegiatan pengelolaan di daerah hilir</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlindungan Pinggir sungai melalui strip penyagga, penanaman vegetasi,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode pemanfaatan air, pupuk, pestisida pohon</li> <li>• Instalasi dan perbaikan strip penyangga teras, dll</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dam pengendali</li> <li>• Pengendali pencemaran</li> </ul>

pemasangan batu penahan longsor
<u>Catatan</u> : pada panel 2 pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya dilakukan untuk masing-masing tata guna lahan utama.

Sumber : Asdak, 2007

Kabupaten Cirebon memiliki letak daratan yang memanjang dari Barat Laut ke Tenggara. Berdasarkan dari permukaan tanah/daratannya dapat dibedakan menjadi dua bagian, yang pertama adalah bagian dataran rendah yang umumnya terletak di sepanjang pantai utara pulau Jawa, yaitu kecamatan Gegesik, Kaliwedi, Kapetakan, Arjawinangun, Panguragan, Klangeran, Cirebon Utara, Cirebon Barat, Weru, Astanajapura, Pangenan, Karangsembung, Waled, Ciledug, Losari, Babakan, Gebang, Palimanan, Plumbon, Depok dan Pabedilan. Sedangkan sebagian lainnya berada di daerah dataran tinggi. Daerah ini meliputi kecamatan-kecamatan Kabupaten Cirebon berbatasan dengan sebelah utara Kabupaten Indramayu, Kota Cirebon, dan Laut Jawa; sebelah selatan Kabupaten Kuningan; sebelah barat Kabupaten Majalengka dan sebelah timur Kabupaten Brebes Provinsi Jawa Tengah.. Berdasarkan letak geografisnya, wilayah Kabupaten Cirebon berada pada posisi 108°40'-108°48' Bujur timur dan 6°30'-7°00' Lintang selatan dengan luas wilayah : 989,70 km<sup>2</sup>.

Kabupaten Cirebon memiliki hujan rata rata pada tahun 2006 tercatat berkisar antara 452 mm per tahun. Pada wilayah perbukitan di bagian selatan wilayah curah hujan dapat berkisar antara 1.250 – 3.500 mm per tahun. Curah hujan terendah umumnya berada di wilayah pesisir dan wilayah dataran rendah di bagian utara. Kabupaten Cirebon dilalui oleh 18 aliran sungai yang berhulu di bagian selatan. Sungai-sungai yang ada di Kabupaten Cirebon yang tergolong besar antara lain Cisanggarung, Ciwaringin, Cimanis, Cipager, Pekik dan Kalijaga. Kabupaten Cirebon adalah salah satu kabupaten yang memiliki jumlah penduduk cukup besar di Provinsi Jawa Barat. Dengan penduduk Kabupaten Cirebon sebanyak 2.090.805 jiwa pada tahun 2008 dan memiliki luas wilayah sebesar 990,36 km<sup>2</sup> maka rata-rata kepadatan penduduk di wilayah Kabupaten Cirebon adalah sebesar 2.111 jiwa per

km<sup>2</sup>. Kabupaten Cirebon memiliki total 251 perusahaan industri besar/ sedang dengan 105 di antaranya adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri furniture dan industri pengolahan lainnya (BKPM, 2012).

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Kualitas Air**

Kualitas air adalah mutu air yang memenuhi standar untuk tujuan tertentu. Syarat yang ditetapkan sebagai standar mutu air berbeda-beda tergantung tujuan penggunaan, sebagai contoh air yang digunakan dalam penggunaan rekreasi air akan memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan kualitas air untuk dikonsumsi. Kualitas air dapat diketahui nilainya dengan mengukur peubah fisika, kimia, dan biologi (Rahayu, 2009). Kualitas air sungai akan dipengaruhi salah satunya dengan kondisi suplai air dari daerah penyangga sungai. Pada umumnya kualitas air pada hilir sungai akan lebih buruk dibandingkan dengan kualitas hulu sungai. Dari sudut pemanfaatan lahan, daerah hulu memiliki pemanfaatan lahan yang relatif cukup sederhana karena biasanya hanya ada daerah perhutanan, pegunungan, dan perkampungan kecil. Sedangkan hilir memiliki keragaman pemanfaatan lahan yang relatif tinggi. Akan tetapi jika limbah dengan beban pencemar yang besar masuk lewat hulu maka hilir pun akan terkena dampaknya. Dan pada akhirnya daerah hilir merupakan tempat akumulasi dari proses pembuangan limbah cair yang dimulai dari hulu (Wiwoho, 2005). Secara sederhana kualitas air sungai dapat diduga dengan melihat kejernihan dan mencium baunya. Namun ada bahan-bahan pencemar yang tidak dapat diketahui hanya dari bau dan warna melainkan harus dilakukan serangkaian pengujian. Hingga saat ini, ada dua jenis pendugaan kualitas air yaitu fisik-kimia dan biologi (Rahayu, 2009). Aktivitas manusia di pinggiran sungai dapat mempengaruhi kualitas air sungai dengan adanya industri rumahan dan aktivitas manusia yang tidak mempunyai pengolahan limbah dan langsung dibuang ke sungai akan mempengaruhi kualitas sungai tersebut (Yogafanny, 2015).

### 2.2.2 Pencemaran Air dan Sumber Pencemar Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 dan Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran 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.

Turunnya mutu air daratan (sungai, danau, rawa dan air tanah) maupun air laut yang diakibatkan dari berbagai aktivitas manusia modern saat ini sangat beragam sesuai karakteristiknya, termasuk tanda dari pencemaran air. Sumber pencemar pada sungai dapat dibedakan menjadi dua yaitu, sumber domestik dan sumber non domestik. Meningkatnya debit air limbah domestik yang dihasilkan dapat menyebabkan meningkatnya beban pencemaran air limbah domestik sehingga dapat menurunkan kualitas air di sungai, air limbah domestik dapat menyebabkan meningkatnya nilai COD dan BOD yang mengakibatkan berkurangnya kandungan oksigen yang terdapat di dalam air sungai (Anwariani, 2019). Sumber pencemar non domestik adalah buangan pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan dan transportasi (Sastrawidjaya, 1991).

Berdasarkan sumber titik dapat dibedakan menjadi dua tergantung dengan titik keluarnya sumber :

1. *Point Source*

*Point Sources* adalah sumber pencemar yang membuang limbah cair melalui pipa selokan atau saluran air kotor ke dalam badan air pada lokasi tertentu. Contohnya adalah jika meneliti pada sungai induk, maka anak-anak sungai yang masuk kedalam induk sungai diklasifikasikan sebagai *Point Sources*.

2. *Non-Point Sources*

*Non-Point Sources* adalah sumber yang tersebar yang membuang efluen baik ke dalam badan air maupun air tanah pada suatu daerah yang luas. Contohnya adalah berasal dari fasilitas umum, penebangan hutan, penebangan hutan, dll.

Tabel 2. 2. Kegiatan dan Jenis Limbah

No	Jenis Kegiatan	Parameter Kualitas Air
1	Industri Pangan	BOD, COD, TOC, TOD, pH, <i>suspended solid</i> , minyak dan lemak, logam berat, sianida, klorida, amoniak, nitrat, fosfor dan fenol.
2	Industri Minuman	BOD, pH, <i>suspended solid</i> , <i>settleable solid</i> , TDS, minyak dan lemak, warna, jumlah coli, bahan beracun, suhu kekeruhan dan buih.
3	Industri Minuman	BOD, COD, TOC, pH, minyak dan lemak, logam berat.
4	Industri Percetakan	nitrat, fosfor dan fenol.
5	Perkayuan dan Motor	COD, logam berat dan bahan beracun
6	Industri Pakaian Jadi	BOD, COD, TOD, <i>suspended solid</i> , TDS, minyak dan lemak, logam berat, kromium, warna, bahan beracun, suhu, klorinated, benzenoid dan sulfida.
7	Industri Plastik	BOD, COD, total solids, <i>settleable solid</i> , TDS, minyak dan lemak, seng, sianida, sulfat, amoniak, fosfor, urea anorganik, bahan beracun, fenol dan sulfida
8	Industri Kulit	Total padatan, penggaraman, sulfida, kromium, pH, endapan kapur, dan BOD
9	Industri Besi dan Logam	COD, <i>suspended solids</i> , minyak dan lemak, logam berat, bahan beracun, sianida, pH, <i>suspended solid</i> , kromium, besi, seng, klorida, sulfat, amoniak, dan kekeruhan
10	Aneka Industri	BOD, pH, <i>suspended solid</i> , <i>settleable solid</i> , TDS, minyak dan lemak, warna, jumlah coli, bahan beracun, suhu, kekeruhan, amoniak dan kekeruhan
11	Pertanian/Tanaman Pangan	Pestisida, bahan beracun dan logam berat
12	Perhotelan	Deterjen, zat padat, BOD, COD, TOC, TOD, nitrogen, fosfor, warna, jumlah coli, bahan beracun, dan kekeruhan
13	Rekreasi	BOD, COD, kekeruhan dan warna
14	Kesehatan	Bahan beracun, logam berat, BOD, COD, TOM dan jumlah coli
15	Perdagangan	BOD, pH, <i>suspended solid</i> , <i>settleable solid</i> , TDS,

		minyak dan lemak, amoniak, urea, fosfor, warna, jumlah coli, bahan beracun dan kekeruhan.
16	Pemukiman	Deterjen, zat padat, BOD, COD, TOD, TOC, nitrogen, fosfor, kalsium, klorida dan sulfat
17	Perhubungan Darat	Logam berat, bahan beracun dan COD
18	Perikanan Darat	BOD, COD, TOM dan pH
19	Peternakan	BOD, COD, TOC, pH, suspended solid, klorida, nitrat, fosfor, warna, bahan beracun, suhu dan kekeruhan
20	Perkebunan	COD, pH, suspended solid, TDS, minyak dan lemak, kromium, kalsium, klorida, sulfat, amoniak, sodium, nitrat, fosfor, urea anorganik, coli faeces dan suhu.

Sumber : Laporan Lingkungan Hidup Kab. Cirebon, 2020

### 2.2.3 Self Purification

Pada dasarnya alam memiliki kemampuan dalam mengatasi masalah pencemaran yang terjadi. Mekanisme alam yang mampu mengatasi masalah pencemaran disebut pemurnian alami (*Self Purification*), kemampuan ini sudah ada di alam dari zaman ke zaman. Pengembangan pemurnian alami (*self purification*) terdiri dari beberapa zona, yaitu : (Hendrasarie & Cahyarani, 2011)

#### 1. Zona air bersih

Zona ini terdapat jauh di hulu sungai dan juga jauh dari sumber pencemaran yang masuk sungai. Indikator zona ini adalah air sungai masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan air minum.

#### 2. Zona Dekomposisi

Zona ini terletak pada sumber pencemar langsung, limbah yang mengalir pada zona ini akan didekomposisi/dioksidasi. Dimana limbah akan diproses dengan pembongkaran bahan organik oleh bakteri dan mikroorganisme. Indikator pada zona ini adalah terdapat banyak bakteri dan mikroorganisme.

#### 3. Zona biodegradasi

Pada zona ini terjadi penurunan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*). Akibat dari penurunan DO maka nilai COD akan naik sangat tinggi.

#### 4. Zona Pemulihan

Pada zona ini kualitas air sudah kembali menjadi air yang bersih, nilai oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) akan kembali normal.

*Self purification* adalah kemampuan dimana sungai dapat memperbaiki dirinya dari unsur pencemar. Penurunan kadar pencemar pada sungai menjadi salah satu indikator bahwa sungai berhasil dalam pemurnian alami (*self purification*). Namun mekanisme pemurnian alami memiliki keterbatasan di dalam sungai sehingga apabila masuk sejumlah bahan pencemar dalam jumlah banyak maka kemampuan tersebut menjadi tidak terlalu berarti. Kemampuan alamiah sungai inilah yang membatasi daya tampung sungai terhadap pencemar (Wiwoho, 2005).

#### 2.2.4 Daya Tampung Beban Pencemaran

Daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemar tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar (PP No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air).

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 tahun 2010, fungsi dari mengetahui daya tampung beban pencemaran dapat digunakan sebagai alat pertimbangan penentuan keputusan dan kebijakan daerah, seperti :

1. Penetapan rencana tata ruang;
2. Pemberian izin usaha atau kegiatan;
3. Pemberian izin pembuangan limbah;
4. Penetapan mutu air serta arah kebijakan pengendalian pencemaran air.

#### 2.2.5 Parameter Uji Kualitas Air Sungai

##### 2.2.5.1 Bau

Lemak atau minyak yang tidak ditangkap/langsung dialirkan pada pengolahan selanjutnya, mengakibatkan matinya mikroorganisme karena terjadi proses pembusukan sehingga berbau. Limbah cair yang belum jernih, yang masih mengandung lumpur dan bahan-bahan yang belum terurai sempurna tidak dapat diklorinasi dengan maksimal. Bau yang timbul akibat tingginya parameter  $\text{NH}_4$

dapat mengkonsumsi klor untuk desinfektan dalam jumlah besar terutama jika pemberian klor tidak secara kontinyu.

#### **2.2.5.2 Temperatur**

Temperatur memegang peranan penting dalam materi yang akan mempengaruhi sifat fisik kimia dan biologi perairan. Temperatur berpengaruh terhadap kelarutan oksigen dalam air, proses metabolisme dan reaksi-reaksi kimia dalam perairan. Kenaikan temperatur dalam perairan dapat meningkatkan metabolisme tubuh organisme termasuk bakteri pengurai, sehingga proses dekomposisi bahan organik juga meningkat. Proses ini menyebabkan kebutuhan akan oksigen terlarut menjadi tinggi yang selanjutnya kandungan oksigen terlarut di dalam air menjadi menurun.

#### **2.2.5.3 TSS**

Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dalam molekul organik, dan zat padat tersuspensi dan koloid seperti tanah liat. TSS adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter  $> 1\mu\text{m}$ ) yang tertahan pada saringan millipore dengan memiliki diameter pori  $0,45\ \mu\text{m}$ . Penyebab utama terjadinya TSS adalah kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air.

#### **2.2.5.4 TDS**

Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dalam molekul organik, dan zat padat tersuspensi dan koloid seperti tanah liat. Kisaran TDS yang masih kurang dari 500 ppm masih tergolong (*fresh water*) air tawar (Hayashi, 2004). Air yang mempunyai nilai dengan TDS hingga 200 ppm adalah air layak minum (Premier Water Minnesota).

#### **2.2.5.5 Warna**

Penyebab air sungai memiliki warna biasanya terjadi dikarenakan oleh kandungan zat organik sehingga membuat air menjadi berwarna. Selain itu penyebab terjadinya warna, memiliki kemungkinan yang dapat membahayakan kesehatan para pemakainya. Warna coklat kemerahan diakibatkan karena zat-zat organik yang ada di dalam air tersebut, yang berasal dari dekomposisi bahan

organik seperti daun, pohon, dan kayu. Zat warna merupakan suatu senyawa yang kompleks yang dapat dipertahankan di dalam jaringan molekul-molekul. Zat warna merupakan gabungan dari zat organik yang tidak jauh, sehingga zat warna harus terdiri dari chromogen sebagai pembawa warna dan auxochrome sebagai pengikat antara warna dan serat (Wardhana, 1995).

#### **2.2.5.6 Deterjen**

Deterjen mengandung sekitar 25 macam bahan yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi: (1) surfaktan, (2) builder, (3) bleaching agents dan (4) additives. Komponen terbesar yang dimiliki oleh deterjen adalah bahan builders antara 70-80%, bahan dasar antara 20-30%, dan bahan aditif relatif sedikit antara 2-8% (Smulders, 2013).

#### **2.2.5.7 pH (Derajat Keasaman)**

pH menunjukkan konsentrasi ion  $H^+$  dan merupakan parameter penting dalam penetapan kualitas air buangan maupun air alam. Derajat keasaman (pH) sendiri memiliki arti ukuran dari konsentrasi ion hidrogen untuk menentukan sifat asam dan basa. Derajat keasaman ini dapat menunjukkan kemungkinan kehidupan biologis hidup di dalam air dengan baik.

#### **2.2.5.8 Amonia**

Amonia yang diperbolehkan 0,05 mg/l sebagai  $NH_3$ . Jika kandungan amonia dalam air  $> 0$  mg/l merupakan gas bertekanan, apabila terkontaminasi manusia maka dapat menyebabkan iritasi pada mata, mudah terbakar dan juga menimbulkan bau yang menusuk hidung dan menimbulkan aroma yang tidak sedap.

#### **2.2.5.9 Fosfat**

Di dalam perairan, fosfat tidak ditemukan dalam keadaan bebas melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortt fosfat dan polifosfat) dan senyawa organik berupa partikulat. Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan dan merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan, sehingga menjadi faktor pembatas yang mempengaruhi produktivitas perairan.

#### 2.2.5.10 DO

Kandungan oksigen yang terdapat pada sungai berasal dari masukan aliran sungai yang mengandung banyak limbah-limbah organik dan juga dari reaerasi yang terjadi pada sungai (Tjutju Susana, 2009). Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan berkurangnya oksigen dalam air, antara lain : respirasi biota, dekomposisi bahan organik dan pelepasan oksigen ke udara (Ulqodry et al., 2010). Kehadiran oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) di dalam badan air sungai merupakan salah satu indikator kesehatan badan air sungai. Semakin tinggi kandungan DO yang dimiliki oleh sungai, maka semakin sehat sungai tersebut. Sebaliknya semakin rendah DO yang dimiliki oleh sungai, maka akan semakin tidak sehat sungai tersebut. Pada penelitian Susana dan Suyarso tahun 2008, di perairan pesisir dan laut sekitar Cirebon menyatakan rendahnya pH (6,06) dan konsentrasi oksigen yang tak terdeteksi sebagai akibat tingginya konsentrasi deterjen (0,01-0,02 mg/l) dalam aliran sungai yang bermuara di perairan Cirebon (Tjutju Susana, 2009).

#### 2.2.6 Baku Mutu Air dan Kualitas Air

Untuk mengetahui batas ambang dari setiap parameter tersebut dilihat berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

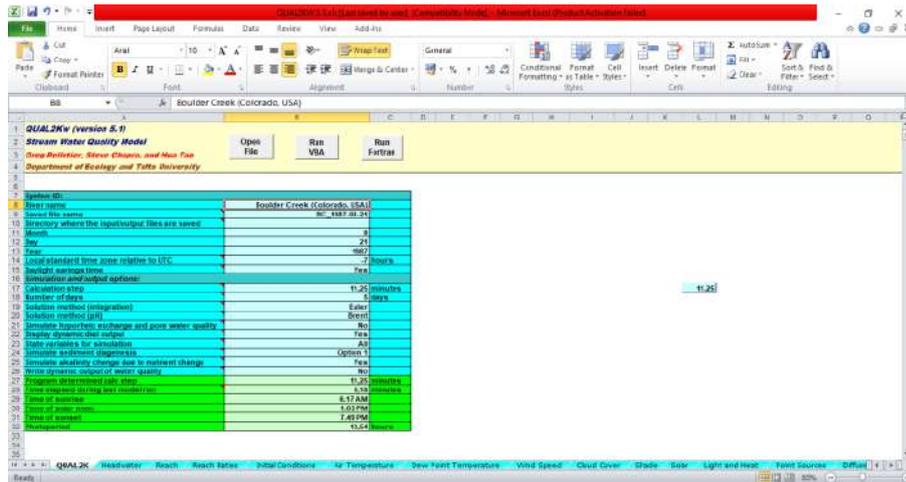
Klasifikasi dan kriteria mutu air mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang menetapkan mutu air ke dalam empat kelas:

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana kegiatan rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;

- c. Kelas tiga, air yang peruntukan dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.

### **2.2.7 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 dengan asumsi arus air sudah tercampur sempurna secara vertikal dan lateral dengan 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. Perhitungan beban cemaran awalnya dikembangkan oleh Streeter-Phelps pada tahun 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.



Gambar 2. 1. Tampilan Awal QUAL2Kw  
 Sumber : Qual2Kw (2022)

**2.2.8 Rumus Qual2Kw**

Rumus yang digunakan di dalam Qual2Kw:

1. Flow Balance

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{out,i} - Q_{evap,i} \dots \dots \dots (I)$$

Keterangan :

- $Q_i$  = keluar air dari element i ke elemen hilir sungai i+1 (m3/d)
- $Q_{i-1}$  = aliran air yang masuk dari hulu sungai elemen i-1 (m3/d)
- $Q_{in,i}$  = total aliran yang masuk dari point sources dan nonpoint sources (m3/d)
- $Q_{out,i}$  = total aliran yang keluar

2. Manning Equation

$$Q = \frac{S_0^{1/2} \cdot A_c^{5/3}}{n \cdot p^{2/3}} \dots \dots \dots (II)$$

Keterangan :

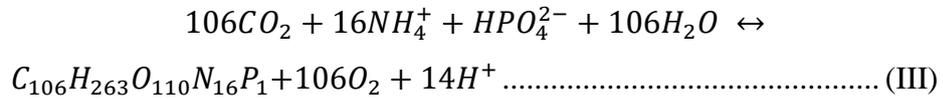
- Q = Aliran (m3/s)
- $S_0$  = kemiringan dasar sungai (m/m)
- n = koefisien manning
- $A_c = [B_0 + 0,5(S_{s1} + S_{s2})H]H$

3. Biochemical Reactions

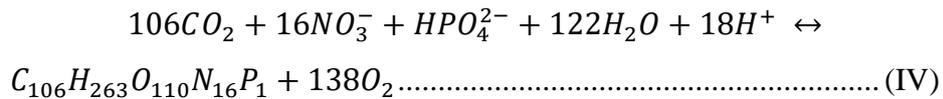
Persamaan kimia berikut digunakan untuk mewakili reaksi biokimia utama yang berlangsung :

Plant Photosynthesis and Respiration :

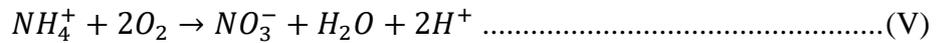
- Ammonium as Substrate:



- Nitrate as Substrate:



- Nitrification:



- Denitrification:



4. Composite Variables

Selain variabel state model, Qual2Kw juga menampilkan beberapa variabel komposit yang dihitung sebagai berikut :

- Total Phosphorus (µgP/L):

$$TP = p_o + p_i + Ip_p \dots\dots\dots (VII)$$

- Total Suspended Solids (mgD/L):

$$TSS = r_{da}a_p + m_0 + m_i \dots\dots\dots (VIII)$$

- Ultimate Carbonaceous BOD (mgO<sub>2</sub>/L):

$$CBOD_u = c_s + c_f + r_{oc}r_{ca}a_p + r_{oc}r_{cd}m_0 \dots\dots\dots (IX)$$

5. Ammonia Nitrogen (n<sub>a</sub>)

Nitrogen amonia meningkat karena hidrolisis nitrogen organik dan kematian serta ekskresi tanaman. Nitrogen amonia hilang melalui nitrifikasi dan fotosintesis tanaman:

$$S_{na} = ONHydr + (1 - f_{onp})q_{Np} PhytoDeath + (1 - f_{omb})q_{Nb} \frac{BotAlgDeath}{H} + PhytoExN + \frac{BotAlgExN}{H} - Nitrif - P_{ap} PhytoUpN - P_{ab} \frac{BotAlgUpN}{H} - NH3GasLoss \dots\dots\dots (X)$$

Tingkat nitrifikasi amonia dihitung dengan cara:

$$Nitrif = F_{oxna}k_n(T)n_a \dots\dots\dots (XI)$$

Keterangan :

$k_n(T)$ = tingkat nitrifikasi yang bergantung pada suhu untuk nitrogen amonia (/d)

$F_{oxna}$ = redaman karena oksigen rendah [tanpa dimensi]

6. Organic phosphorus ( $p_o$ )

Organic phosphorus meningkat karena tanaman yang mati dan ekskresi tanaman. Organic phosphorus akan menghilang dengan hidrolisis dan settling

$$S_{po} = f_{opp}q_{pp} \frac{PhytoDeath}{H} + f_{opb}q_{pb} \frac{BotAlgDeath}{H} - OPHydr - OPSettl \dots\dots\dots (XII)$$

Keterangan :

$f_{opp}$ =fraksi fosfor internal fitoplankton yang ada di organik

7. Inorganic Phosphorus

Fosfor organik meningkat karena hidrolisis fosfor organik dan ekskresi tanaman. Fosfor anorganik ini hilang melalui penyerapan tanaman.

$$S_{pi} = OPHydr + (1 - f_{opp}) q_{pp} PhytoDeath + (1 - f_{opb}) q_{pb} \frac{BotAlgDeath}{H} + PhytoExp + \frac{BotAlgExpP}{H} - PhytoUpP - \frac{BotAlgUpP}{H} - IPSettl \dots\dots\dots (XIII)$$

Keterangan :

$$IPSettl = \frac{v_{ip}}{H} p_i \dots\dots\dots (XIV)$$

$v_{ip}$ =koefisien perpindahan massa fosfor anorganik

8. Inorganic Suspended Solid ( $m_i$ )

Padatan anorganik tersuspensi menghilang melalui pengendapan.

$$S_{mi} = -InorgSettl \dots\dots\dots (XV)$$

Keterangan :

$$InorgSettl = \frac{v_i}{H} m_i \dots\dots\dots (XVI)$$

$v_i$ =kecepatan pengendapan padatan anorganik tersuspensi (m/d)

9. Dissolved Oxygen (o)

Oksigen terlarut meningkat karena fotosintesis tanaman. Oksigen terlarut ini akan hilang dengan cara oksidasi CBOD yang cepat, nitrifikasi dan respirasi tanaman.

$$S_o = r_{oa} \text{PhytoPhoto} + r_{oa} \frac{\text{BotAlgPhoto}}{H} - r_{oc} \text{FastCOxid} - r_{om} \text{NH4Nitr} - r_{oa} \text{PhytoResp} - r_{oa} \frac{\text{BotAlgResp}}{H} + \text{OxReaer} \quad (\text{XVII})$$

Keterangan :

$$\text{OxReaer} = k_a(T)(o_s(T, elev) - o) \dots \dots \dots (\text{XVIII})$$

$k_a(T)$  = koefisien reaerasi oksigen yang bergantung pada suhu (/d)

$o_s(T, elev)$  = konsentrasi saturasi oksigen

## 2.2.9 Rumus Perhitungan Proyeksi

### 2.2.9.1 Metode Geometri

Metode ini sesuai dengan perkembangan atau pertumbuhan parameter yang melonjak 2x atau 3x lipat dalam kurun waktu yang pendek. Rumus yang digunakan

$$P_n = P_o (1+r)^{(dn)} \dots \dots \dots (\text{XIX})$$

Catatan :

$P_n$  = jumlah parameter pada akhir tahun periode

$P_o$  = jumlah penduduk pada awal proyeksi

$R$  = rata-rata pertumbuhan penduduk tiap tahun

$D_n$  = kurun waktu proyeksi

### 2.2.9.2 Metode Aritmatika

Metode ini sesuai dengan perkembangan atau pertumbuhan parameter yang selalu naik secara konstan, dan dalam waktu yang pendek. Rumus yang digunakan

$$P_n = P_o (1 + r(dn)) \dots \dots \dots (\text{XX})$$

Catatan :

$P_n$  = jumlah parameter pada akhir tahun periode

$P_o$  = jumlah penduduk pada awal proyeksi

$R$  = rata-rata pertumbuhan penduduk tiap tahun

$D_n$  = kurun waktu proyeksi

### 2.2.9.3 Metode Selisih Kuadrat Minimum (Least Square)

Digunakan untuk garis linier yang berarti bahwa data perkembangan atau pertumbuhan parameter masa lampau menggambarkan kecenderungan garis linier, meskipun perkembangan penduduk tidak selalu bertambah. Metode ini dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara sumbu Y (parameter) dengan sumbu X (tahun dengan cara menarik garis linier antara data-data tersebut, dan meminimalkan jumlah pangkat dua dari masing-masing penyimpangan jarak data-data dengan garis yang dibuat. Rumus yang digunakan :

$$P_n = a + b N \dots\dots\dots(XXI)$$

Catatan :

$P_n$  = jumlah parameter pada akhir tahun periode

$N$  = Selisih tahun proyeksi

### 2.3 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah hasil dari penelitian terdahulu yang sesuai dengan topik penelitian :

Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Eka Wardhani dan Lina Apriyanti Sulistiowati, 2018	Kajian Daya Tampung Sungai Citarik Provinsi Jawa Barat	Perhitungan daya tampung beban pencemaran sungai citarik yang berada di 3 kabupaten yaitu kabupaten Bandung, Sumedang, dan Garut yang menunjukkan bahwa kualitas air sungai citarik sudah tercemar hal ini bisa dilihat dari parameter seperti : TDS, TSS, BOD, COD, DO, Nitrat, Krom heksavalen, Tembaga, Nitrit, Klorin bebas, Sulfida, Detergen MBAS, Total coli dan Fecal Coli yang tidak memenuhi baku mutu. Ditinjau dari

		<p>status mutu air sungai citarik termasuk kategori sungai sedang sampai berat. Dengan kehadiran jenis logam berat disungai Citarik harus diwaspadai. Sifat dari logam yang Peristent, toksik, dan biokumulasi. Berdasarkan hasil terlihat bahwa daya tampung beban pencemaran air sungai Citarik untuk parameter BOD dan COD sudah tercapai.</p>
<p>Taufik Dani, Suripin, dan Sudarno. 2015</p>	<p>Daya Tampung Beban Cemar di DAS Bengawan Solo Segmen Kota Surakarta dan Kabupaten Karang Anyar dengan Model QUAL2KW</p>	<p>Meningkatnya aktifitas disepanjang badan sungai terutama di kota Surakarta dan Kabupaten Karang Anyar berdampak pada menurunnya kualitas air sungai bengawan solo. Dengan mewujudkan upaya pengolahan sungai dan pengendalian pencemaran maka perlu dilakukannya kajian daya tampung beban cemar dan penilaian risiko lingkungan. Dari hasil penelitian dengan skenario simulasi penurunan beban cemar BOD dan COD, maka strategi I dan III dinilai cukup signifikan untuk memperbaiki kualitas air sungai Bengawan Solo. Sehingga memenuhi baku mutu kelas II pada</p>

		kondisi debit musim hujan atau musim kemarau.
Novia Lusiana, Akhdad Adi Sulianto, Luhur Akbar Devianto, Septiana Sabina.	Penentuan Indeks Pencemaran Air dan Daya Tampung Beban Pencemaran Menggunakan Software QUAL2KW (Studi kasus sungai Brantas Kota Malang).	Faktor yang paling mempengaruhi penurunan kualitas air sungai disepanjang DAS Brantas Hulu adalah banyaknya industri yang letaknya dekat dengan sungai bahkan menjadikan sungai sebagai tempat penampungan limbah. Hasil penelitian yang diperoleh adalah dari 12 lokasi sampling terdapat 10 lokasi sampling yang memiliki status pencemaran ringan dan 2 lokasi sampling dengan pencemaran sedang. Simulasi menggunakan model QUAL2KW memiliki tingkat kesalahan rata-rata 10,7% dari data hasil pengukuran.