

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

2.2.1 Pengertian Sungai

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai, dijelaskan bahwa 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. Sedangkan daerah aliran sungai merupakan suatu wilayah daratan yang merupakan satu 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. Pengelolaan sungai ini dilakukan secara menyeluruh, terpadu, dan berwawasan lingkungan dengan tujuan untuk mewujudkan kemanfaatan fungsi sungai yang berkelanjutan.



Gambar 2.1 Sungai Brantas Bagian Hulu
Sumber: Dokumentasi (2017)

2.2.2 Jenis-jenis Sungai

Jenis jenis sungai jika dibedakan menurut jumlah airnya antara lain: Sungai Permanen, yaitu sungai yang debit airnya sepanjang tahun relatif tetap. Contoh sungai jenis ini adalah sungai Kapuas, Kahayan, Barito, dan Mahakam di Kalimantan, Sungai Musi dan Sungai Indragiri di Sumatra.

1. Sungai Periodik, yaitu sungai yang pada waktu musim hujan airnya banyak, sedangkan pada musim kemarau airnya sedikit. Contoh sungai jenis ini banyak terdapat di Pulau Jawa, misalnya Bengawan Solo dan Sungai Opak di Jawa Tengah, Sungai Progo dan Sungai Code di Daerah Istimewa Yogyakarta, serta Sungai Brantas di Jawa Timur.
2. Sungai Intermittent atau Sungai Episodik, yaitu sungai yang mengalirkan airnya pada musim penghujan, sedangkan pada musim kemarau airnya kering. Contoh sungai jenis ini adalah Sungai Kalada di Pulau Sumba.
3. Sungai Ephemeral, yaitu sungai yang ada airnya hanya pada saat musim hujan. Pada hakekatnya, sungai jenis ini hampir sama dengan jenis episodik, hanya saja pada musim hujan sungai jenis ini airnya belum tentu banyak (Stanis, 2011 dalam Septiani, 2012).

Menurut genetiknya sungai dapat dibedakan menjadi 5, yaitu:

1. Sungai Konsekwen yaitu sungai yang arah alirannya searah dengan kemiringan lereng.
2. Sungai Subsekwen yaitu sungai yang aliran airnya tegak lurus dengan sungai konsekwen.
3. Sungai Obsekwen yaitu anak sungai subsekwen yang alirannya berlawanan arah dengan sungai konsekwen.
4. Sungai Insekwen yaitu sungai yang alirannya tidak teratur atau terikat oleh lereng daratan.
5. Sungai Resekwen yaitu anak sungai subsekwen yang alirannya searah dengan sungai konsekwen (Stanis, 2011 dalam Septiani, 2012).

Sungai juga dapat dibedakan menurut sumber airnya, antara lain:

1. Sungai Hujan yaitu sungai yang berasal dari air hujan. Banyak dijumpai di Pulau Jawa dan kawasan Nusa Tenggara.
2. Sungai Gletser yaitu sungai yang berasal dari melelehnya es. Banyak dijumpai di negara-negara yang beriklim dingin, seperti Sungai Gangga di India dan Sungai Rhein di Jerman.
3. Sungai Campuran yaitu sungai yang berasal dari air hujan dan lelehan es. Dapat dijumpai di Papua, contohnya Sungai Digul dan Sungai Mamberamo.

2.2 Pencemaran Air Sungai

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 pencemaran air didefinisikan sebagai masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air limbah yang telah ditetapkan. Air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah biasanya berasal dari rumah tangga, industri, dan tempat umum lainnya. Air limbah pada umumnya mengandung bahan atau zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup.

Dalam hal ini pencemaran air dapat didefinisikan melalui berbagai cara, antara lain melalui pengamatan langsung melalui indra seperti bau, rasa, dan kekeruhan serta pengamatan tidak langsung berupa keluhan masyarakat pemakai air tentang air yang mereka gunakan pada dasarnya proses pada pencemaran air ada 4, yaitu:

1. Proses Degradasi

Pada tahap ini terjadi proses dekomposisi atau penguraian. Dalam proses ini dibutuhkan oksigen, sehingga kadar oksigen terlarut dalam air akan lebih cepat berkurang dan dapat menjadi 40% saja. Akibatnya air menjadi kotor dan keruh, sehingga sinar matahari tidak dapat masuk ke dalam air. Tertahannya sinar matahari mengakibatkan terhentinya proses fotosintesis. Hal ini menyebabkan menurunnya produksi oksigen di dalam air. Warna air menjadi keabu-abuan dan deposit lumpur pada dasar sungai bertambah (Tchobanoglous 1986).

2. Proses dekomposisi

Pada tahap ini oksigen terlarut akan turun menjadi 40% - 0%. Apabila pencemaran air tidak berlanjut, DO akan naik lagi sampai 40%. Apabila berlanjut, maka tidak akan ada lagi ikan yang hidup. Warna air akan menjadi keabu-abuan atau lebih gelap dari proses degradasi. Suasana keracunan sudah mulai terlihat sangat parah, sebaliknya mikroorganisme yang tergolong "*organic composer*" mulai aktif memproses dekomposisi. Proses dekomposisi ini akan membebaskan gas-gas seperti metana, hidrogen, nitrogen, hidrogensulfida maupun gas-gas lain yang berbau merangsang ke dalam air. Buih mulai terapung diatas air. DO akan meningkat lagi sedikit demi sedikit bila proses dekomposisi berkurang. Bila pencemaran berlangsung terus tanpa henti, maka proses dekomposisi berjalan secara berlebihan sehingga proses perubahan untuk beralih ke dalam proses selanjutnya akan berlangsung lama (Tchobanoglous 1986).

3. Proses Rehabilitasi.

DO terlarut akan dapat meningkat lebih dari 40%. Kehidupan di dalam air secara mikroskopis mulai terlihat, air terlihat lebih jernih dari tahapan sebelumnya. Jamur-jamur mulai hilang dan algae mulai tampak kembali. Nitrat, sulfat, fosfat maupun karbonat juga dapat ditemukan kembali (Tchobanologlous 1986).

4. Proses penjernihan.

Pada proses ini ditandai dengan meningkatnya oksigen terlarut secara maksimal sampai jenuh. Hal ini terjadi antara lain akibat proses fotosintesis dan proses pernafasan yang membebaskan oksigen dari atmosfer ke dalam air yang selanjutnya keadaan air akan pulih kembali. (Tchobanologlous 1986)

2.2.1 Sumber Pencemar Sungai

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.1 Tahun 2010 sumber pencemar air dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu Sumber Tertentu (*Point Sources*) dan Sumber Tak Tentu (*Non Point Sources*). *Point Sources* sendiri merupakan Sumber-sumber pencemar air secara geografis dapat ditentukan lokasinya dengan tepat. Jumlah limbah yang dibuang dapat ditentukan dengan berbagai cara, antara lain dengan pengukuran langsung, penghitungan neraca massa, dan estimasi lainnya. Sedangkan *Non Point Sources* adalah Sumber-sumber pencemar air yang tidak dapat ditentukan lokasinya secara tepat, umumnya terdiri dari sejumlah besar sumber-sumber individu yang relatif kecil.

Tabel 2.1 Klasifikasi Sumber Pencemar Air

| Karakteristik Limbah | Sumber Tertentu (<i>Point Sources</i>) | Sumber Tak Tentu (<i>Diffuse Sources</i>) |
|----------------------|--|--|
| Limbah Domestik | Aliran limbah urban dalam sistem saluran dan sistem pembuangan limbah domestik terpadu | Aliran limbah daerah pemukiman di Indonesia pada umumnya |
| Limbah Non-domestik | Aliran limbah industri, pertambangan | Aliran limbah pertanian, peternakan, dan kegiatan usaha kecil-menengah |

Sumber: Peraturan Menteri LH No.1 Tahun 2010.

Sumber Pencemar yang masuk ke Sungai Brantas hulu adalah sumber pencemar *Non Point Sources* berupa limbah domestik dari pemukiman penduduk sekitar, limbah pertanian, peternakan dan kegiatan usaha kecil-menengah. Untuk data debit masuk *Non Point Sources* didapatkan dari hasil perhitungan jumlah rumah penduduk sekitar Sungai Brantas Hulu. Dalam perhitungan diasumsikan jangkauan pembuangan limbah menuju sungai adalah melewati sekelompok rumah yang berada di sekitar sungai, baik dari sisi

kanan maupun sisi kiri sungai. Selain dari limbah domestik, debit pencemar *Non Point Sources* juga berasal dari lahan pertanian di sekitar sungai.

2.2.1.1 Air Limbah Domestik

Menurut bahannya limbah rumah tangga dikelompokkan menjadi limbah organik dan limbah anorganik. Limbah organik merupakan limbah yang berasal dari barang yang mengandung bahan-bahan organik, seperti sisa makanan, kotoran manusia, potongan tanaman, rumput dan lain-lain, sedangkan contoh limbah anorganik antara lain plastik, kaca, kaleng, dan detergen. Berdasarkan kemampuan diurai oleh alam, limbah rumah tangga dapat dibagi lagi menjadi:

1. *Biodegradable* yaitu limbah yang dapat diurai secara sempurna oleh proses biologi baik aerob atau anaerob
2. *Non-biodegradable* yaitu limbah yang tidak bisa diuraikan oleh proses biologi. Dapat dibagi lagi menjadi:
 - a. *Recycleable* yaitu limbah yang dapat diolah dan digunakan kembali karena memiliki nilai secara ekonomi seperti plastik, kertas, dan pakaian.
 - b. *Non-recycleable* yaitu limbah yang tidak memiliki nilai ekonomi dan tidak dapat diolah atau diubah kembali seperti *tetra-packs*, *carbon paper*, *thermal coal*, dan lain-lain.

Di daerah pemukiman padat penduduk seperti di daerah perkotaan menghasilkan limbah rumah tangga yang cukup banyak. Limbah-limbah tersebut apabila dibuang ke sungai akan menimbulkan pencemaran air. Di perkotaan banyak kita temukan saluran air dan sungai dengan tingkat pencemaran tinggi, airnya berwarna kehitaman dan mengeluarkan bau yang menyengat. Hal itu terjadi karena bahan organik yang menumpuk mengalami penguraian dan pembusukan. Selain itu sabun, detergen, dan sisa aktivitas rumah tangga lainnya larut dengan air di selokan. Tingkat pencemaran air yang tinggi dapat membunuh biota air.

2.2.1.2 Air Limbah Industri

Tidak semua industri dapat mengolah limbahnya dengan baik. Bahkan, ada sebagian industri yang membuang limbahnya ke sungai. Berdasarkan karakteristiknya limbah industri dapat dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

1. Limbah cair

Limbah pabrik cair merupakan sisa-sisa produksi dari pabrik yang bentuknya cair. Biasanya limbah pabrik cair ini akan dibuang langsung ke saluran air seperti selokan, sungai, bahkan lautan. Limbah cair ini sifatnya ada yang berbahaya dan ada pula yang

dapat dinetralisir secara cepat. Limbah pabrik yang berbahaya yang dibuang langsung ke saluran seperti sungai, laut, maupun selokan tanpa dinetralisir terlebih dahulu pada akhirnya akan mencemari saluran- saluran tersebut sehingga akan menyebabkan ekosistem air menjadi rusak, bahkan banyak makhluk hidup yang akan mati dibuatnya. Contoh limbah cair dari pabrik ini antara lain adalah sisa pewarna pakaian cair, sisa pengawet cair, limbah tempe, limbah tahu, kandungan besi pada air, kebocoran minyak di laut, serta sisa-sisa bahan kimia lainnya.

2. Limbah Padat

Limbah padat merupakan buangan dari hasil- hasil industri yang tidak terpakai lagi yang berbentuk padatan, lumpur maupun bubur yang berasal dari suatu proses pengolahan, ataupun sampah yang dihasilkan dari kegiatan- kegiatan industri, serta dari tempat- tempat umum. Limbah padat seperti ini apabila dibuang di dalam air pastinya akan mencemari air tersebut dan dapat menyebabkan makhluk hidup yang tinggal di dalamnya akan mati. Sementara apabila dibuang di wilayah daratan tanpa adanya proses pengolahan, maka akan mencemari tanah di wilayah tersebut. Beberapa contoh dari limbah pabrik padat antara lain adalah plastik, kantong, sisa pakaian, sampah kertas, kabel, listrik, bubur- bubur sisa semen, lumpur- lumpur sisa industri, dan lain sebagainya.

3. Limbah Gas

Limbah gas merupakan limbah yang disebabkan oleh sumber alami maupun sebagai hasil aktivitas manusia yang berbentuk molekul-molekul gas dan pada umumnya memberikan dampak yang buruk bagi kehidupan makhluk hidup yang ada di Bumi. Oleh karena bentuknya gas, maka limbah pabrik gas ini biasanya mencemari udara. Beberapa contoh limbah gas ini antara lain adalah kebocoran gas, pembakaran pabrik, asap pabrik sisa produksi dan lain sebagainya.

4. Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)

Limbah B3 merupakan sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan atau beracun yang karena sifat, konsentrasinya, dan jumlahnya secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan, merusak, dan dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, dan kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya. Pengelolaan limbah B3 adalah rangkaian kegiatan yang mencakup reduksi, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan penimbunan limbah B3. Pengelolaan limbah B3 ini bertujuan untuk mencegah, menanggulangi pencemaran dan kerusakan lingkungan, memulihkan kualitas lingkungan tercemar, dan meningkatkan kemampuan dan fungsi kualitas lingkungan.

2.2.1.3 Air Limbah Pertanian

Dalam kegiatan pertanian, penggunaan pupuk buatan, zat kimia pemberantas hama (pestisida), pemberantas tumbuhan pengganggu (herbisida), pemberantas fungi (fungisida), pemberantas serangga (insektisida) dapat mencemari air ketika zat-zat kimia larut dalam air. Pencemaran air oleh pupuk buatan dapat meracuni organisme air, seperti plankton, ikan, dan hewan lainnya yang meminum air tersebut. Residu pestisida seperti DDT, Endrin, Lindane, dan Endosulfan yang terakumulasi dalam tubuh ikan dan biota lainnya dapat terbawa dalam rantai makanan ke tingkat trofik yang lebih tinggi, yaitu manusia. Selain itu, masuknya pupuk pertanian, sampah, dan kotoran ke waduk, danau, serta laut dapat menyebabkan meningkatnya zat-zat hara di dalam air. Peningkatan tersebut mengakibatkan pertumbuhan ganggang atau enceng gondok menjadi pesat (*blooming algae*). Pertumbuhan ganggang atau enceng gondok yang cepat dan kemudian mati membutuhkan banyak oksigen untuk menguraikannya. Akibatnya, oksigen dalam air menjadi berkurang dan mendorong terjadinya kehidupan organisme anaerob. Peristiwa ini disebut sebagai eutrofikasi.

Pencemaran dari definisi di atas dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu pencemaran air, tanah dan udara. Pencemaran air atau biasa disebut dengan limbah cair yang mencemari sepanjang aliran sungai dapat dibedakan menjadi dua (2), yaitu :

1. Limbah Domestik

Limbah Domestik merupakan limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga. Limbah domestik dapat berwujud gas, padat, atau cair. Sekitar 70% air yang digunakan pada pemukiman akan kembali sebagai air buangan.

2. Limbah Industri

Limbah industri adalah limbah hasil buangan dari pabrik. Karakteristik limbah industri bermacam-macam tergantung dengan cara pengolahannya dan cara produksinya. Terdiri dari padat, gas, dan udara.

Volume air limbah setiap harinya sangat besar karena lebih kurang 80% dari air yang digunakan bagi kegiatan-kegiatan manusia sehari-hari tersebut dibuang lagi dalam bentuk yang sudah kotor (tercemar). Oleh sebab itu, air buangan ini harus dikelola dan atau diolah secara baik. Air limbah merupakan cairan yang sudah tidak dipergunakan lagi, akan tetapi apabila air limbah ini tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak dan gangguan terhadap lingkungan.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan Sungai Brantas di Kota Batu sebagai media yang ada kaitannya dengan beban pencemar yang masuk agar kualitasnya tetap

sesuai sebagai bahan baku mutu air dalam meminimalisasi beban pencemaran yang masuk ke Sungai Brantas di Kota Batu dengan menggunakan aplikasi permodelan QUAL2Kw.

2.3 Parameter Pencemar Air

Parameter pencemar air merupakan indikator yang memberi petunjuk terjadinya pencemaran air. Pada penelitian ini akan digunakan acuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air sebagai standart parameter baku mutu air. Sedangkan baku mutu air menggunakan acuan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran.

2.3.1 Standar Mutu Air Secara Fisik

Sebagian besar terdiri dari air dan sebagian kecil terdiri dari bahan-bahan padat dan suspensi. Terutama air limbah rumah tangga, biasanya berwarna suram seperti larutan sabun, sedikit berbau. Kadang-kadang mengandung sisa-sisa kertas, berwarna bekas cucian beras dan sayur, bagian-bagian tinja, dan sebagainya.

a. Zat Padat

Dalam limbah terkandung total zat (zat solid), yaitu semua zat padat ada sebagai residu setelah proses pemanasan pada suhu 103°C sampai 105°C dalam laboratorium. Partikel padat didefinisikan sebagai suspended solid yang dapat menembus kertas saring dengan diameter minimal 1 mikro.

b. Bau

Limbah sering kali menimbulkan bau yang tidak sedap. Bau tersebut disebabkan karena adanya gas-gas hasil dekomposisi (penguraian) zat organik dalam limbah. Gas-gas yang dapat menimbulkan bau dalam air limbah antara lain: hydrogen sulfide, amonia dan senyawa organik sulfida.

c. Suhu

Suhu air limbah biasanya lebih tinggi dari pada suhu disekitarnya, suhu yang cukup tinggi juga menurunkan kadar DO (*Dissolved Oxygen*).

d. Warna

Sering kali air limbah memiliki warna tertentu tergantung dari kandungan air limbahnya. Air limbah yang baru saja dibuang berwarna abu-abu dan akan berubah menjadi hitam. Hal ini disebabkan karena proses dekomposisi bahan organik dan menurunnya jumlah oksigen sampai menjadi nol.

e. Kekeruhan

Air limbah terlihat keruh disebabkan zat organik, lumpur, tanah liat, jasad renik, koloid dan zat lainnya yang mengapung dan tidak segera mengendap. Semakin keruh air limbah dapat dikatakan semakin besar kandungan limbahnya.

2.3.2 Standar Mutu Air Secara Kimia

Biasanya air buangan ini mengandung campuran zat-zat kimia anorganik yang berasal dari air bersih serta bermacam-macam zat organik berasal dari penguraian tinja, urine dan sampah-sampah lainnya. Oleh sebab itu pada umumnya bersifat basa pada waktu masih baru dan cenderung ke asam apabila sudah mulai membusuk.

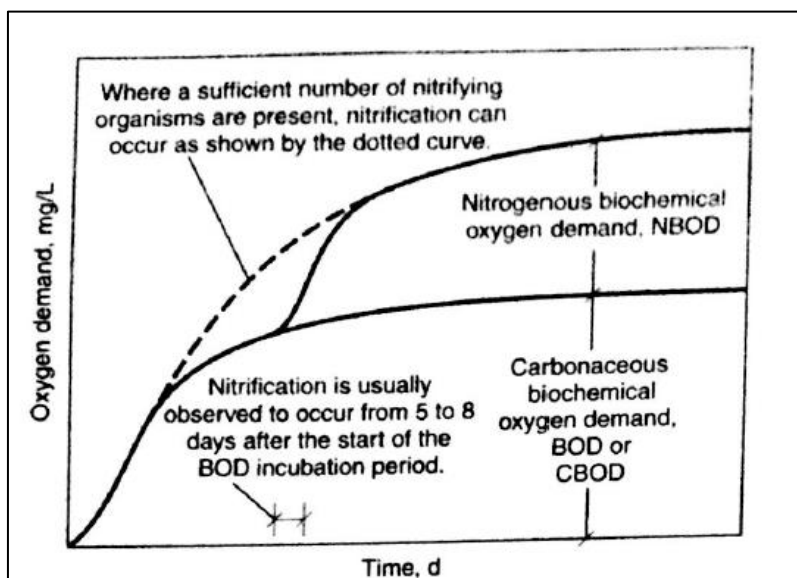
a. TSS

TSS (*Total Suspended Solids*) adalah zat padat yang dapat menimbulkan berkurangnya oksigen dalam air. Analisis zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air. Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi dapat menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke perairan sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan perairan berbanding terbalik (Gazali dkk., 2013).

b. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam lingkungan air untuk mengubah bahan organik yang ada didalam lingkungan air tersebut. Air buangan atau efluen dengan kadar BOD tinggi dapat menimbulkan polusi jika langsung dibuang ke air.

c. *Carbonaceous Biochemical Oxygen Demand* (CBOD)



Gambar 2.2 Sketsa NBOD dan CBOD dalam Suatu Sampel
Sumber: Matcalf & Eddy (2003:88)

Ketika nitrifikasi terjadi, nilai pengukuran BOD akan lebih tinggi dari nilai sebenarnya karena oksidasi bahan karbon. Efek nitrifikasi dapat diatasi, baik dengan menggunakan berbagai bahan kimia untuk menekan reaksi nitrifikasi, atau dengan memperlakukan sampel untuk menghilangkan organisme nitrifikasi (Young, 1973 dalam Matcalf & Eddy, 2003). Pasteurisasi dan klorinasi/deklorinasi merupakan dua metode yang juga telah digunakan untuk menekan organisme nitrifikasi.

Ketika reaksi nitrifikasi ditekan, BOD yang dihasilkan dikenal sebagai CBOD. Pada dasarnya, CBOD adalah ukuran dari kebutuhan oksigen yang digunakan oleh karbon teroksidasi dalam sampel. Tes CBOD dimana reaksi nitrifikasi ditekan secara kimiawi, harus digunakan hanya pada sampel yang mengandung sejumlah kecil karbon organik (misalnya, diperlakukan limbah). Kesalahan besar akan terjadi dalam pengukuran nilai-nilai BOD (hingga 20 persen) ketika tes CBOD digunakan pada air limbah yang mengandung sejumlah besar bahan organik seperti limbah yang tidak diolah (Albertson, 1995 dalam Matcalf & Eddy, 2003).

d. Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen terlarut dalam air berasal dari proses fotosintesa, difusi udara dan turbulensi. Oksigen yang terlarut dalam air diperlukan organisme perairan untuk respirasi dan metabolisme sehingga oksigen terlarut menjadi sangat penting bagi kelangsungan hidup organisme perairan. Oksigen terlarut juga dibutuhkan oleh bakteri dalam proses penguraian untuk mendegradasi beban masukan yang berupa bahan organik. Dimana semakin tinggi kandungan bahan organik dalam perairan maka kebutuhan oksigen terlarut dalam proses dekomposisi oleh bakteri juga semakin meningkat sehingga akan menurunkan kandungan oksigen terlarut dalam perairan (Gazali dkk., 2013).

e. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. (Nurhasanah, 2009).

f. pH (Derajat Keasaman)

pH limbah cair adalah ukuran keasaman (*acidity*) atau kebasaan (*alkalinity*) limbah cair. pH menunjukkan perlu atau tidaknya pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) untuk mencegah terjadinya gangguan pada proses pengolahan limbah cair secara konvensional. (Nurhasanah, 2009).

g. Temperatur

Temperatur memegang peranan penting dalam siklus 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 (Gazali dkk., 2013).

2.3.3 Standar Mutu Air Secara Mikrobiologi

Kandungan bakteri patogen serta organisme golongan coli terdapat juga dalam air limbah tergantung darimana sumbernya namun keduanya tidak berperan dalam proses pengolahan air buangan.

Sesuai dengan zat-zat yang terkandung didalam air limbah ini maka air limbah yang tidak diolah terlebih dahulu akan menyebabkan berbagai gangguan kesehatan masyarakat dan lingkungan hidup antara lain :

- Menjadi media berkembangbiaknya mikroorganisme patogen.
- Menimbulkan bau yang tidak enak serta pandangan yang tidak sedap.
- Mengakibatkan kontaminasi terhadap sumber air minum.
- Mengakibatkan pencemaran terhadap permukaan tanah.

2.4 Perhitungan Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk sangat penting dilakukan untuk memperkirakan jumlah penduduk di masa mendatang. Pada umumnya proyeksi penduduk diperlukan untuk tahapan perencanaan jangka panjang suatu wilayah (kelurahan, kecamatan, provinsi, dan negara). Ada beberapa jenis perkiraan penduduk, diantaranya:

1. *Intercensal* (Interpolasi), interpolasi merupakan suatu perkiraan mengenai keadaan penduduk di antara 2 sensus (data) yang kita ketahui.
2. *Postcensal Estimated*, merupakan perkiraan mengenai penduduk setelah dilakukan sensus. Prinsipnya sama yaitu pertambahan penduduk adalah linear.
3. *projection* (Proyeksi), perkiraan penduduk berdasarkan sensus (biasanya sensus terakhir).

Pada studi ini, peneliti menggunakan cara perhitungan proyeksi penduduk setelah dilakukan sensus. Rumus perhitungan proyeksi penduduk dengan *Postcensal Estimated* sebagai berikut:

$$P_m = P_o + \frac{n+m}{n} (P_n - P_o) \quad (2-1)$$

P_m = jumlah penduduk yang diestimasi (tahun m) (jiwa)

P_n = jumlah penduduk pada tahun n (jiwa)

P_o = jumlah penduduk pada tahun awal (penduduk dasar) (jiwa)

m = selisih tahun yang dicari dengan tahun n

n = selisih tahun dari 2 sensus yang diketahui

2.5 Beban Pencemaran

Beban pencemaran sungai adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air sungai. Beban pencemaran sungai dapat disebabkan oleh adanya aktivitas industri, pemukiman, dan pertanian. Beban pencemaran sungai dapat dihitung dengan menggunakan rumus (*Mitsch & Goesselink*, 1993 dalam *Marganof*, 2007):

$$BPS = (C_s)_j \times Q_s \times f \quad (2-2)$$

Keterangan:

BPS = beban pencemaran Sungai (kg/hari)

$(C_s)_j$ = kadar terukur sebenarnya unsur pencemar j (mg/l)

Q_s = debit air sungai (m^3 /hari)

F = faktor konversi $\frac{1 \text{ kg}}{1.000.000 \text{ mg}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times 86400 \text{ detik} = 86,4$

2.6 Daya Tampung Beban Pencemaran

Daya tampung beban pencemaran atau sering disebut dengan beban harian maksimum total (*total maximum daily loads*) merupakan kemampuan air pada suatu sumber air, untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Perhitungan daya tampung beban pencemaran diperlukan untuk 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. Faktor-faktor yang menentukan daya tampung beban pencemar sumber air (sungai, muara, danau, dan waduk) secara umum adalah sebagai berikut:

- a. Kondisi hidrologi, dan morfologi sumber air termasuk kualitas air yang ditetapkan daya tampung beban pencemarannya.
- b. Kondisi klimatologi sumber air seperti suhu udara, kecepatan angin, dan kelembaban udara.
- c. Baku mutu air atau kelas air untuk sungai dan muara atau baku mutu air dan kriteria status tropik bagi danau dan waduk.
- d. Beban pencemar sumber tertentu/*point source*.

- e. Beban pencemar sumber tak tentu/*non-point source*.
- f. Karakteristik dan perilaku zat pencemar yang dihasilkan sumber pencemar.
- g. Pemanfaatan atau penggunaan sumber air.

2.6.1 Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Metode Neraca Massa

Penetapan daya tampung beban pencemaran dapat ditentukan dengan cara sederhana yaitu dengan menggunakan metode neraca massa. Model matematika yang menggunakan perhitungan neraca massa dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi rata-rata aliran hilir (*down stream*) yang berasal dari sumber pencemar *point sources* dan *non point sources*, perhitungan ini dapat pula dipakai untuk menentukan persentase perubahan laju air atau beban polutan.

Jika beberapa aliran bertemu menghasilkan aliran akhir, atau jika kuantitas air dan massa konstituen dihitung secara terpisah, maka perlu dilakukan analisa neraca massa untuk menentukan kualitas aliran akhir dengan perhitungan :

$$C_R = \frac{\sum C_i Q_i}{\sum Q_i} = \frac{\sum M_i}{\sum Q_i} \quad (2-3)$$

Keterangan :

C_R : Konsentrasi rata-rata koefisien untuk aliran gabungan

C_i : Konsentrasi Konstituen pada aliran ke-i

Q_i : Laju air aliran ke-i

M_i : massa konstituen pada aliran ke-i

Metode neraca terhadap kualitas air yang terjadi selama fasa konstruksi atau operational suatu proyek, dan dapat juga digunakan untuk suatu segmen aliran, suatu sel pada danau, dan samudera. Tetapi metode neraca massa ini hanya tepat digunakan untuk komponen-komponen yang konserfatif yaitu komponen yang tidak mengalami perubahan (tidak terdegradasi, tidak hilang karena pengendapan, tidak hilang karena penguapan, atau akibat aktivitas lainnya) selama proses pencampuran berlangsung seperti misalnya garam-garam. Penggunaan neraca massa untuk komponen lain, seperti DO, BOD₅, dan NH₃-N, hanyalah merupakan pendekatan saja. (Menteri Lingkungan Hidup, 2010).

2.6.2 Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Metode *Streeter-Phelps*

Pemodelan kualitas air sungai mengalami perkembangan yang bearti sejak diperkenalkannya perangkat lunak DOSAGI pada tahun 1970. Prinsip dasar dari pemodelan tersebut adalah penerapan neraca massa pada sungai dengan asumsi dimensi satu dan kondisi tunak. Pertimbangan yang dipakai pada pemodelan tersebut adalah kebutuhan oksigen pada kehidupan air tersebut (BOD₅) untuk mengukur terjadinya

pencemaran dibadan air. Pemodelan sungai diperkenalkan oleh *Streeter-Phelps* pada tahun 1952 menggunakan persamaan kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*) dimana metode pengolahan kualitas air ditentukan atas dasar defisit oksigen kritik D_c . Pemodelan *Streeter-Phelps* hanya terbatas pada dua fenomena yaitu proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) akibat aktivitas bakteri dalam mendegradasikan bahan organik yang ada dalam air dan proses peningkatan oksigen terlarut (reareasi) yang disebabkan turbulensi yang terjadi pada aliran sungai. (Herera, 2013).

2.7 Metode Komputasi (QUAL2Kw)

Metode komputasi merupakan metode simulasi dengan bantuan program komputer. Metode ini lebih komprehensif dalam pemodelan kualitas air sungai. Pada dasarnya model ini menerapkan teori *Streeter-Phelps* dengan mengakomodasi banyaknya sumber pencemar yang masuk ke dalam sistem sungai, karakteristik hidrolis sungai, dan kondisi klimatologi. Pada bagian berikut dijelaskan secara ringkas tentang model QUAL2Kw.

Model QUAL2Kw merupakan pengembangan dari model QUAL2E dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic for Application (VBA) yang dapat dijalankan dengan program Microsoft Excel. Dalam penelitian digunakan model QUAL2Kw versi 5.1. Model ini mampu mensimulasi parameter kualitas air antara lain temperatur, conductivity, Inorganic Solida, Dissolved Oxygen, CBODslow, CBODfast, Organic Nitrogen, NH_4 -Nitrogen, NO_3 -Nitrogen, Organic Phosphorus, Inorganic Phosphorus (SRP), Phytoplankton, Detritus (POM), Pathogen, Generic Constituent, Alkalinity, pH.

Data yang diperlukan untuk pemodelan QUAL2Kw adalah :

- a. Data Kualitas air di headwater dan downstream boundary
- b. Elevasi sungai dan posisi geografis
- c. Panjang sungai, kecepatan aliran, kedalaman, lebar sungai.
- d. Temperatur udara, titik embun, kecepatan angin, tutupan awan, tutupan benda lain per reach.
- e. Cahaya dan panas
- f. Point Source: lokasi, debit, kualitas air
- g. Diffuse Source: lokasi, debit, kualitas air

Data di atas dimasukkan ke dalam program excel di komputer. Setelah program dijalankan (*run*), akan diperoleh output yang merupakan hasil perhitungan berupa tampilan numerik dan grafik.

2.7.1 Bagian-bagian pada QUAL2Kw

Menurut Hendriaranti (2015) dalam Maghfiroh (2016) bagian-bagian QUAL2Kw terdiri dari: tombol pada QUAL2Kw, *worksheet* QUAL2Kw, dan grafik QUAL2Kw. Untuk penjelasan mengenai tiap bagian ada pada pembahasan dibawah ini:

1. Tombol pada *worksheet*

Tombol pada *worksheet* QUAL2Kw ada 3 tombol, antara lain:

- Open File. Saat diklik, file browser secara otomatis terbuka untuk mengakses file data QUAL2KW
- Run VBA. Untuk model versi VBA dan membuat file data yang mempunyai nilai input. File data data diakses kemudian menggunakan tombol Open File
- Run Fortran. Untuk model versi Fortran dan membuat file data yang mempunyai nilai input. File data data diakses kemudian menggunakan tombol Open File. Versi Fortran and VBA memberikan hasil yang sama tetapi *running* Fortran lebih cepat karena merupakan program terkompilasi

2. *Worksheet* pada QUAL2Kw

Worksheet pada QUAL2Kw terdiri dari beberapa *worksheet*, antara lain sebagai berikut:

a. *Worksheet* QUAL2Kw

Worksheet QUAL2Kw digunakan untuk memasukkan informasi umum tentang aplikasi model yang terdiri dari: nama sungai, tanggal simulasi, dll. (Gambar 2.3)

| | | |
|--|-----------------------------------|---------|
| System ID: | | |
| River name | Sungai Brantas (Batu, Jawa Timur) | |
| Saved file name | BC_1987-08-21 | |
| Directory where the input/output files are saved | | |
| Month | 5 | |
| Day | 15 | |
| Year | 2010 | |
| Local standard time zone relative to UTC | -7 | hours |
| Daylight savings time | Yes | |
| Simulation and output options: | | |
| Calculation step | 11,25 | minutes |
| Number of days | 5 | days |
| Solution method (integration) | Euler | |
| Solution method (pH) | Brent | |
| Simulate hyporheic exchange and pore water quality | No | |
| Display dynamic diel output | Yes | |
| State variables for simulation | All | |
| Simulate sediment diagenesis | No | |
| Simulate alkalinity change due to nutrient change | No | |
| Write dynamic output of water quality | No | |
| Program determined calc step | 11,25 | minutes |
| Time elapsed during last model run | 0,21 | minutes |
| Time of sunrise | 5:03 AM | |
| Time of solar noon | 11:16 AM | |
| Time of sunset | 5:26 PM | |
| Photoperiod | 12,38 | hours |

Gambar 2.3 *Worksheet* QUAL2Kw

Sumber: QUAL2Kw (2017)

b. *Worksheet Headwater*

Untuk memasukkan aliran dan konsentrasi sistem. Data yang harus diinput dalam *worksheet* ini meliputi: data aliran *headwater* dimasukkan pada kolom Flow, data temperatur dan kualitas air di hilir (jika ada) serta data temperatur dan kualitas air *headwater*.

| Headwater Flow | 3,336 | m3/s | | | | |
|--|--------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Prescribed downstream boundary? | No | | | | | |
| Headwater Water Quality | Units | 12:00 AM | 1:00 AM | 2:00 AM | 3:00 AM | 4:00 AM |
| Temperature | C | 21,00 | 21,00 | 21,00 | 21,00 | 21,00 |
| Conductivity | umhos | | | | | |
| Inorganic Solids | mgD/L | 87,40 | 87,40 | 87,40 | 87,40 | 87,40 |
| Dissolved Oxygen | mg/L | 4,20 | 4,20 | 4,20 | 4,20 | 4,20 |
| CBODslow | mgO2/L | | | | | |
| CBODfast | mgO2/L | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 |
| Organic Nitrogen | ugN/L | | | | | |
| NH4-Nitrogen | ugN/L | | | | | |
| NO3-Nitrogen | ugN/L | | | | | |
| Organic Phosphorus | ugP/L | | | | | |
| Inorganic Phosphorus (SRP) | ugP/L | | | | | |
| Phytoplankton | ugA/L | | | | | |
| Detritus (POM) | mgD/L | | | | | |
| Pathogen | cfu/100 mL | | | | | |
| Generic constituent | user defined | 24,38 | 24,38 | 24,38 | 24,38 | 24,38 |
| Alkalinity | mgCaCO3/L | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| pH | s.u. | 8,30 | 8,30 | 8,30 | 8,30 | 8,30 |
| Downstream Boundary Water Quality (optional) | Units | 12:00 AM | 1:00 AM | 2:00 AM | 3:00 AM | 4:00 AM |

Gambar 2.4 *Worksheet Headwater*

Sumber: QUAL2Kw (2017)

c. *Worksheet Reach*

Untuk memasukkan informasi yang berhubungan dengan headwater dan kondisi pada tiap *reach* (*reach length, downstream latitude dan longitude, elevation, weir, velocity, depth, manning formula, sediment thermal conductivity, sediment thickness, etc*).

| Hydraulic Model (Weir Overrides Rating Curves; Rating Curves Override Manning Formula) | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------------|----------|-------------|----------|-----------------|---------|-----------|-------|-------|
| Weir | | Rating Curves | | | | Manning Formula | | | | |
| Height | Width | Velocity | | Depth | | Channel | Manning | Bot Width | Side | Side |
| (m) | (m) | Coefficient | Exponent | Coefficient | Exponent | Slope | n | m | Slope | Slope |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,8000 | 0,000 | 0,3000 | 0,000 | 0,044 | 0,0800 | 13,80 | 0,30 | 0,30 |
| 10,5000 | 18,0000 | 0,4000 | 0,000 | 10,0000 | 0,000 | 0,019 | 0,0500 | 17,80 | 0,02 | 0,02 |
| 0,0000 | 0,0000 | 1,1000 | 0,000 | 1,0400 | 0,000 | 0,024 | 0,0750 | 14,40 | 0,67 | 0,67 |
| 0,0000 | 0,0000 | 1,3000 | 0,000 | 1,1000 | 0,000 | 0,023 | 0,0600 | 7,90 | 0,40 | 0,40 |

Gambar 2.5 *Worksheet Reach*

Sumber: QUAL2Kw (2017)

d. *Worksheet Reach Rates*

Worksheet pilihan untuk memasukkan informasi terkait konstanta dan parameter *rate* tertentu pada *reach*. Parameter *rate* pada *sheet* ini merupakan pilihan apabila nilainya spesifik diluar nilai global parameter *rate* yang ditentukan pada "*Rates*" *sheet*. Parameter "*Rates*" tergantung pada temperatur yang diinputkan misal sebesar 20°C pada "*Reach Rates*" *sheet* dan disesuaikan untuk temperatur di lapangan oleh QUAL2Kw. Apabila *reach-specific rates* tidak ditentukan, maka *global rate*

parameters pada “*Rates*” *sheet* akan diaplikasikan. Pengguna sebaiknya mengkosongkan sel pada “*Reach Rates*” *sheet* untuk menggunakan nilai global dari “*Rates*” *sheet* di luar nilai yang ditentukan pada *reach-specific values*.

| Reach number | Reach label | Prescribed | ISS | Slow CBOD | | Fast CBOD |
|--------------|-----------------|------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------|
| | | Reaeration | Settling Velocity | Hydrolysis Rate | Oxidation Rate | Oxidation Rate |
| | | /d | m/d | /d | /d | /d |
| 1 | Temas | 0,300 | 0 | | | 0,02 |
| 2 | A.J. Torongrejo | 1,800 | 0,001 | | | 0,2 |
| 3 | Pendem | 3,000 | 0,2 | | | 0,1 |

Gambar 2.6 *Worksheet Reach Rates*

Sumber: QUAL2Kw (2017)

e. *Worksheet Initial Conditions*

Penentuan kondisi awal pada *sheet* ini merupakan pilihan. Apabila tidak ditentukan, maka kondisi awal pada kolom air untuk setiap *reach* diasumsikan sama dengan *headwater*.

f. *Worksheet Meteorologi dan Shading*

Worksheet yang digunakan untuk memasukkan data meteorologi dan *shading*. Semua mempunyai ciri yang sama seperti dibawah ini :

- *Worksheet Air Temperatur*. *Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan data temperatur udara setiap jam dalam derajat Celcius untuk setiap *reach*.
- *Worksheet Dew-Point Temperature*. *Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan data temperatur titik embun (derajat Celcius) untuk setiap *reach*.
- *Worksheet Wind speed*. *Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan data kecepatan angin (m/detik) untuk setiap *reach*.
- *Worksheet Cloud cover*. *Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan data tutupan awan (% *sky covered*) untuk setiap *reach*.
- *Worksheet Shade*. *Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan data *shading* setiap jam untuk setiap *reach*. *Shading* didefinisikan sebagai fraksi radiasi solar yang tertutup karena terhalang topografi dan vegetasi.
- *Worksheet Solar radiation*. *Worksheet* ini untuk memasukkan radiasi solar setiap jam untuk tiap *reach*.

| Upstream | Reach | Downstream | Reach | Upstream | Downstream | 12:00 AM | 1:00 AM | 2:00 AM |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----------|------------|---------------------------------------|---------|---------|
| Label | Label | Label | Number | Distance | Distance | Hourly air temperature for each reach | | |
| | | | | km | km | (The input values are applied as poi | | |
| Temas | Temas | A.J. Torongrejo | 1 | 8,30 | 6,30 | 21,00 | 21,00 | 21,00 |
| A.J. Torongrejo | A.J. Torongrejo | Pendem | 2 | 6,30 | 1,15 | 21,00 | 21,00 | 21,00 |
| Pendem | Pendem | Dadaprejo | 3 | 1,15 | 0,00 | 21,00 | 21,00 | 21,00 |

Gambar 2.7 *Worksheet Air Temperature*

Sumber: QUAL2Kw (2017)

g. *Worksheet Rates*

Worksheet ini digunakan untuk memasukkan parameter *rates* model dan pilihan kalibrasi otomatis (Gambar 2.3)

| QUAL2Kw | | | | | | |
|--|-------------|---------------------|------------|-------------------------|---------------------------|-----------|
| Stream Water Quality Model | | | | | | |
| Sungai Brantas (Batu, Jawa Timur) | | | | | | |
| Global rate parameters | | | | | | |
| <input type="button" value="Open File"/> <input type="button" value="Run VBA"/> <input type="button" value="Run Fortran"/> <input type="button" value="Run Auto-cal"/> | | | | | Fitness: 0,6572 | |
| Parameter | Value | Units | Symbol | Auto-calibration inputs | | |
| | | | | Auto-cal | Min value | Max value |
| Stoichiometry: | | | | | | |
| Carbon | 40 | gC | gC | No | 30 | 50 |
| Nitrogen | 7,2 | gN | gN | No | 3 | 9 |
| Phosphorus | 1 | gP | gP | No | 0,4 | 2 |
| Dry weight | 100 | gD | gD | No | 100 | 100 |
| Chlorophyll | 1 | gA | gA | No | 0,4 | 2 |
| Inorganic suspended solids: | | | | | | |
| Settling velocity | 0,06128 | m/d | v_i | Yes | 0 | 2 |
| Oxygen: | | | | | | |
| Reaeration model | Internal | | | f(u h) | | |
| Temp correction | 1,024 | | θ_a | | | |
| Reaeration wind effect | None | | | | | |
| O2 for carbon oxidation | 2,69 | gO ₂ /gC | r_{oc} | | | |
| O2 for NH4 nitrification | 4,57 | gO ₂ /gN | r_{on} | | | |
| Oxygen inhib model CBOD oxidation | Exponential | | | | | |

Gambar 2.8 *Worksheet Rates*

Sumber: QUAL2Kw (2017)

h. *Worksheet Light dan Heat*

Worksheet ini digunakan untuk memasukkan informasi yang terkait dengan pencahayaan dan parameter panas sistem.

i. *Worksheet Point Sources*

Worksheet ini digunakan untuk memasukkan informasi yang terkait dengan *point sources* sistem. *Worksheet point sources* terdiri dari data temperature, data konsentrasi BOD, COD, TSS maupun parameter lain hasil pengukuran pada sampel *point sources* (Gambar 2.4).

j. *Worksheet Diffuses Sources*

Worksheet ini digunakan untuk memasukkan informasi yang terkait dengan *diffuses(non-point) sources* sistem, yang terdiri dari: *temperature, diffuse inflow, diffuse abstraction, etc*

| Name | Up (km) | Down (km) | Diffuse | | Temp | Spec | Inorg | Diss | CBOD | CBOD |
|-------------|---------|-----------|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|------|---------------------|---------------------|
| | | | Abstraction | Inflow | | | | | | |
| | | | m ³ /s | m ³ /s | C | umhos | mgD/L | mg/L | mgO ₂ /L | mgO ₂ /L |
| Pemukiman 1 | 8,30 | 7,93 | 0,0000 | 0,3750 | 21,00 | | 61,60 | 4,20 | | 7,13 |
| Pemukiman 2 | 5,44 | 1,15 | 0,0000 | 0,2910 | 21,50 | | 39,86 | 3,85 | | 6,70 |
| Pemukiman 3 | 1,15 | 0,00 | 0,0000 | 1,2700 | 22,00 | | 42,81 | 2,80 | | 5,15 |

Gambar 2.9 *Worksheet Diffuse Source*

Sumber: QUAL2Kw (2017)

k. *Worksheet* Data Hidrolik

Worksheet ini digunakan untuk memasukkan data yang terkait dengan hidrolika sistem.

| Distance | Q-data | H-data | U-data |
|----------|-------------------|---------|--------|
| x(km) | m ³ /s | m | m/s |
| 8,300 | 3,336 | 0,3000 | 0,800 |
| 6,300 | 3,580 | 10,0000 | 0,400 |
| 1,150 | 5,400 | 1,0400 | 1,100 |
| 0,000 | 6,100 | 1,1000 | 1,300 |

Gambar 2.10 *Worksheet Hydraulics Data*

Sumber: QUAL2Kw (2017)

l. *Worksheet* Data Temperatur

Worksheet untuk memasukkan data temperatur.

| Distance | Mean | Minimum | Maximum |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| x(km) | Temp-data | Temp-data | Temp-data |
| 8,300 | 21,00 | 21,00 | 21,00 |
| 6,300 | 21,00 | 21,00 | 21,00 |
| 1,150 | 22,00 | 22,00 | 22,00 |
| 0,000 | 22,00 | 22,00 | 22,00 |

Gambar 2.11 *Worksheet Temperature Data*

Sumber: QUAL2Kw (2017)

m. *Worksheet* Data WQ

Worksheet untuk memasukkan data rata-rata harian kualitas air. *Worksheet Data WQ min* merupakan *worksheet* untuk memasukkan data minimum harian kualitas air sedangkan *Worksheet Data WQ max* merupakan *worksheet* untuk memasukkan data maksimum harian kualitas air.

| Distance | Cond (umhos) | ISS (mgD/L) | DO (mgO ₂ /L) | CBODs (mgO ₂ /L) | CBODf (mgO ₂ /L) |
|----------|--------------|-------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| km | data | data | data | data | data |
| 8,300 | | 87,40 | 4,20 | | 6,30 |
| 6,300 | | 35,80 | 4,20 | | 7,95 |
| 1,150 | | 43,91 | 3,50 | | 5,45 |
| 0,000 | | 41,70 | 2,10 | | 4,85 |

Gambar 2.12 *Worksheet WQ Data*

Sumber: QUAL2Kw (2017)

n. *Worksheet* Data Diel

Worksheet untuk memasukkan data diel dari *reach* terpilih. Data ini selanjutnya diplot berupa titik pada grafik dari output model diel.

o. *Worksheet Source Summary*

Merupakan serangkaian *worksheet* yang menampilkan tabel numerik output yang dibuat oleh QUAL2KW, yang terdiri dari: *source summary*, *hydraulics summary*, *temperature output*, etc.

| Reach | Downstream | Up Dist | Down Dist | Abstraction | Inflow | Temp | Cond | ISS | Oxygen |
|-----------------|-----------------|---------|-----------|-------------|--------|-------|-------|-------|--------|
| Label | Label | x(km) | x(km) | cms | cms | C | umhos | mgD/L | mgO2/L |
| Temas | A.J. Torongrejo | 8,30 | 6,30 | 0,00 | 0,38 | 21,00 | 0,00 | 61,60 | 4,20 |
| A.J. Torongrejo | Pendem | 6,30 | 1,15 | 0,00 | 0,29 | 21,50 | 0,00 | 39,86 | 3,85 |
| Pendem | Dadaprejo | 1,15 | 0,00 | 0,00 | 1,27 | 22,00 | 0,00 | 42,81 | 2,80 |

Gambar 2.13 *Worksheet Source Summary*

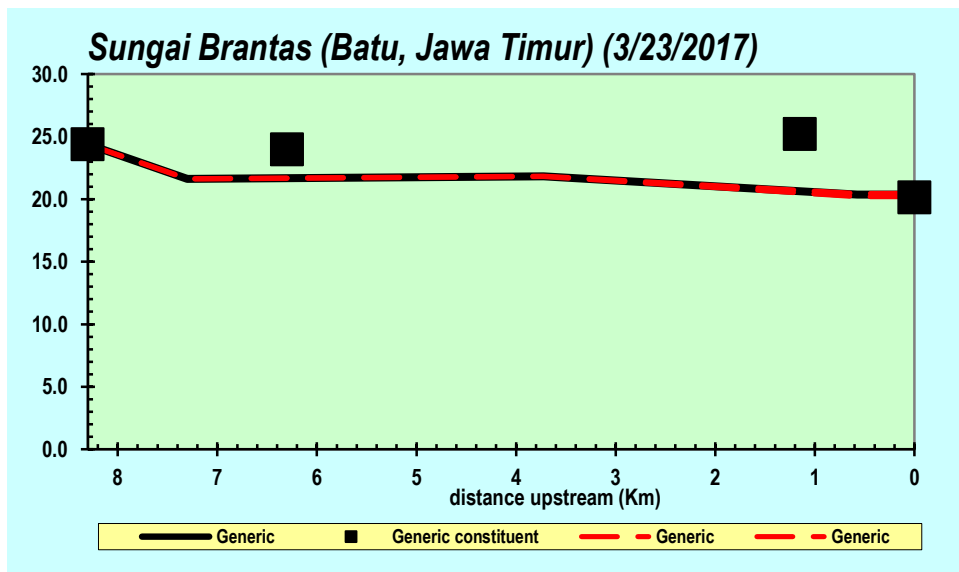
Sumber: QUAL2Kw (2017)

3. Grafik pada QUAL2Kw

Grafik pada QUAL2Kw terdiri dari 2 jenis, yaitu:

a. Spatial Chart

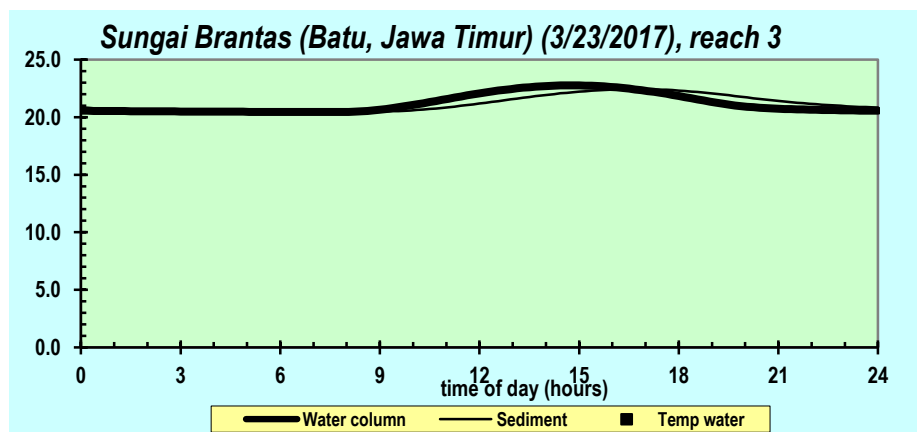
Bentuk grafik QUAL2KW yang menampilkan serangkaian grafik *plotting output* dan data model dengan jarak (km) sungai

Gambar 2.14 *Worksheet Generic Constituent*

Sumber: QUAL2Kw (2017)

b. Diel Chart

Bentuk grafik QUAL2KW yang menampilkan serangkaian grafik *plotting output* dan data model dengan waktu (jam) untuk temperatur dan *state variables* model

Gambar 2.15 *Worksheet Temperature Dial*

Sumber: QUAL2Kw (2017)

2.8 Klasifikasi dan Status Mutu Air

Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 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. Sedangkan klasifikasi mutu air merupakan pendekatan untuk menetapkan kriteria mutu air dari tiap kelas, yang akan menjadi dasar untuk penetapan baku mutu air. Setiap kelas air mempersyaratkan mutu air yang dinilai masih layak untuk dimanfaatkan bagi peruntukan tertentu. Peruntukan lain yang dimaksud misalnya kegunaan air untuk proses industri, kegiatan penambangan dan pembangkit tenaga listrik, asalkan kegunaan tersebut dapat menggunakan air dengan mutu air sebagaimana kriteria mutu air dari kelas air dimaksud. Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

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

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. Status mutu air ditetapkan untuk menyatakan :

- a. kondisi cemar, apabila mutu air tidak memenuhi baku mutu air;
- b. kondisi baik, apabila mutu air memenuhi baku mutu air.

Status mutu air merupakan informasi mengenai tingkatan mutu air pada sumber air dalam waktu tertentu. Dalam rangka pengelolaan kualitas air dan atau pengendalian pencemaran air, perlu diketahui status mutu air (the state of the water quality). Untuk itu maka dilakukan pemantauan kualitas air guna mengetahui mutu air, dengan membandingkan mutu air. Tidak memenuhi baku mutu air adalah apabila dari hasil

pemantauan kualitas air tingkat kualitas airnya lebih buruk dari baku mutu air. Memenuhi baku mutu air adalah apabila dari hasil pemantauan kualitas air tingkat kualitas airnya sama atau lebih baik dari baku mutu air. Dalam hal metoda baku penilaian status mutu air belum ditetapkan dalam peraturan perundang-undangan, dapat digunakan kaidah ilmiah. Contoh parameter yang belum tercantum dalam kriteria mutu air sebagaimana tercantum dalam Lampiran Peraturan Pemerintah ini antara lain, parameter-parameter bio-indikator dan toksisitas. Kondisi cemar dapat dibagi menjadi beberapa tingkatan, seperti tingkatan cemar berat, cemar sedang, dan cemar ringan. Demikian pula kondisi baik dapat dibagi menjadi sangat baik dan cukup baik. Tingkatan tersebut dapat dinyatakan antara lain dengan menggunakan suatu indeks.

2.9 Baku Mutu Air

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. Pengelolaan kualitas air dilakukan untuk menjamin kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya agar tetap dalam kondisi alamiahnya. Pengendalian pencemaran air dilakukan untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air melalui upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air. Berikut merupakan nilai baku mutu air untuk kelas I dan II berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

Tabel 2.2 Standar Baku Mutu Air

| Parameter | Satuan | Baku Mutu Kelas I | Baku Mutu Kelas II | Keterangan |
|-----------|--------|-------------------|--------------------|---------------------|
| pH | | 06-Sep | 06-Sep | |
| Suhu | °C | Deviasi 3 | Deviasi 3 | |
| BOD | mg/l | 2 | 3 | |
| COD | mg/l | 10 | 25 | |
| TSS | mg/l | 50 | 50 | |
| DO | mg/l | 6 | 4 | Angka batas minimum |

Sumber: PP No. 82 Tahun 2001

2.10 Status Mutu Air

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. Status mutu air ditetapkan untuk menyatakan :

- kondisi cemar, apabila mutu air tidak memenuhi baku mutu air;
- kondisi baik, apabila mutu air memenuhi baku mutu air.

Dalam rangka pengelolaan kualitas air dan atau pengendalian pencemaran air, perlu diketahui status mutu air (the state of the water quality). Untuk itu maka dilakukan pemantauan kualitas air guna mengetahui mutu air, dengan membandingkan mutu air. Tidak memenuhi baku mutu air adalah apabila dari hasil pemantauan kualitas air tingkat kualitas airnya lebih buruk dari baku mutu air. Memenuhi baku mutu air adalah apabila dari hasil pemantauan kualitas air tingkat kualitas airnya sama atau lebih baik dari baku mutu air. Dalam hal metode baku penilaian status mutu air belum ditetapkan dalam peraturan perundang-undangan, dapat digunakan kaidah ilmiah. Contoh parameter yang belum tercantum dalam kriteria mutu air sebagaimana tercantum dalam Lampiran Peraturan Pemerintah ini antara lain, parameter-parameter bio-indikator dan toksisitas. Kondisi cemar dapat dibagi menjadi beberapa tingkatan, seperti tingkatan cemar berat, cemar sedang, dan cemar ringan. Demikian pula kondisi baik dapat dibagi menjadi sangat baik dan cukup baik. Tingkatan tersebut dapat dinyatakan antara lain dengan menggunakan suatu indeks.

Dalam penelitian ini digunakan metode Indeks Pencemaran (IP) untuk menentukan status mutu air Sungai Brantas. Metode Indeks Pencemaran (IP) (Nemerow dan Sumitomo, 1970) digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diijinkan. IP ditentukan dari resultante nilai maksimum dan nilai rerata rasio konsentrasi perparameter terhadap nilai baku mutunya.

$$IP_j = \sqrt{\frac{(Ci/Lij)^2_M + (Ci/Lij)^2_R}{2}} \quad (2-4)$$

Keterangan:

IP_j = Indeks Pencemaran

Ci = Konsentrasi parameter kualitas air

Lij = Baku mutu kualitas air

M = Nilai maksimum

R = Nilai rerata

Kategori kelas indeks pencemaran dibagi menjadi 4 yaitu:

- 1) $0 \leq IP \leq 1,0$ = memenuhi baku mutu (good)
- 2) $1,0 < IP \leq 5,0$ = tercemar ringan (slightly polluted)
- 3) $5,0 < IP \leq 10$ = tercemar sedang (fairly polluted)
- 4) $IP > 10,0$ = tercemar berat (heavily polluted)

Halaman ini sengaja dikosongkan