

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 38 Tahun 2011 disebutkan 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. Sungai terdiri atas palung sungai dan sempadan sungai. Palung sungai dan sempadan sungai sebagaimana membentuk ruang sungai. Palung sungai berfungsi sebagai ruang wadah air mengalir dan sebagai tempat berlangsungnya kehidupan ekosistem sungai, sedangkan sempadan sungai berfungsi sebagai ruang penyangga antara ekosistem sungai dan daratan, agar fungsi sungai dan kegiatan manusia tidak saling terganggu.

2.1.1. Karakteristik Sungai

Aktivitas manusia dan perubahan kondisi iklim dan hidrologi mengakibatkan perubahan karakteristik sungai secara signifikan dari waktu ke waktu. Variasi sungai dipengaruhi oleh keadaan morfologi, hidrologi, ekologi karakteristik, dimana termasuk di dalamnya kemiringan, lebar dan kedalaman sungai, aliran tingkat dan kecapan aliran, suhu air, transportasi sedimen dan kontaminasi deposis dan kandungan aliran dan proses eutrofikasi (Ji, 2008).

Menurut Ji (2008) Profil Longitudinal Sungai terbagi menjadi 3 (tiga) zona, yaitu Headwater Zone, Transfer Zone, dan Depositional Zone. Sungai mengalir dari hulu yang dapat berupa mata air alami maupun ppencarian gletser. Sehingga sering kali aliran pada daerah hulu memiliki arus yang lebih deras dan daerah yang curam. Dibandingkan dengan daerah hilir, pada umumnya daerah hulu memiliki kualitas air yang lebih baik. Pemanfaatan lahan di daerah hulu cenderung lebih sederhana dan bersifat alami seperti hutan dan perkampungan. Sedangkan ke daerah hilir pemanfaatan lahan meningkat. Sejalan dengan hal tersebut suplai limbah cair semakin meningkat menuju ke daerah hilir. Pada

akhirnya terjadi akumulasi limbah cair dari aktivitas di daerah hulu pada daerah hilir.

2.1.2. Ekosistem Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai yang selanjutnya disebut DAS didefinisikan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 sebagai 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 danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Daerah aliran sungai biasanya terbagi menjadi tiga bagian, yaitu daerah hulu, tengah dan hilir. Ketiga daerah tersebut memiliki karakteristik goebiofisik yang sangat berbeda. Pada bagian hulu merupakan daerah konservasi, kerapatan drainasinya tinggi, dan topografiknya lebih dari 15 %, sedangkan pada bagian tengah topografinya lebih landai dan keraatan drainasinya berkurang. Pada daerah hilir merupakan dataran banjir dan topografinya sangat landai dengan kelereng kurang dari 8%. Daerah aliran sungai pada bagian hulu merupakan ekosistem sungai yang penting, sebab mempunyai fungsi perlindungan seluruh bagian DAS. Dalam suatu perencanaan pengelolaan DAS, pengelolaan daerah aliran sungai bagian hulu menjadi fokus utama pengelolaan sebab hasil pengelolaan pada bagian hulu sungai akan berimplikasi pada kualitas daerah aliran sungai pada bagian hilir (Asdak, 2014).

2.2. Pencemaran Air

Undang-Undang RI Nomor 32 Tahun 2009 mendefinisikan pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Bahan-bahan yang masuk dan mencemari lingkungan dapat berupa zat-zat beracun, bertambahnya padatan tersuspensi, dioksidasi dan naiknya air akan merubah kondisi ekologi perairan pada umumnya dan kualitas biota pada

khususnya. Sumber pencemaran air sungai dapat dibedakan menjadi sumber domestik dan sumber non domestik. Termasuk ke dalam sumber domestik adalah perkampungan, kota, pasar, jalan, terminal dan rumah sakit. Sementara yang termasuk sumber non domestik adalah pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan dan transportasi. Lahan di sepanjang Sungai Ciliwung dipergunakan untuk berbagai kegiatan antara lain untuk pemukiman, pertanian, perkebunan dan industri. Limbah tersebut didistribusikan ke badan sungai sepanjang DAS Ciliwung sehingga terjadi pencemaran air (Sastrawidjaya, 1991). Menurut Sugiharto (1987) menyebutkan sumber pencemar yang berasal dari permukiman (penduduk) akan menghasilkan limbah detergen, zat padat, BOD, COD, DO, nitrogen, fosfor, pH, kalsium, klorida dan sulfat. Sumber pencemar yang berasal dari pertanian akan menghasilkan limbah pestisida, bahan beracun dan logam berat. Sumber pencemar yang berasal dari industri antara lain akan menghasilkan limbah BOD, COD, DO, pH, TDS, minyak dan lemak, urea, fosfor, suhu, bahan beracun dan kekeruhan.

2.2.1. Sumber Pencemar

Sumber pencemar yang masuk ke perairan berasal dari buangan limbah yang dibedakan menjadi *point source* dan *non point source* (Asdak, 2014). Sumber Tertentu (*Point Sources*) 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. Sumber pencemar air yang berasal dari sumber tertentu antara lain seperti kegiatan industri dan pembuangan limbah domestik terpadu. Data pencemaran air dari sumber tertentu biasanya diperoleh dari informasi yang dikumpulkan dan dihasilkan pada tingkat kegiatan melalui pengukuran langsung dari efluen dan perpindahannya, atau melalui penggunaan metoda untuk memperkirakan atau menghitung besar pencemaran air. Sumber Tak Tentu (*Area/ Diffuse Sources*) merupakan sumber-sumber pencemar air yang tidak dapat ditentukan lokasinya secara tepat, umumnya terdiri dari

sejumlah besar sumber-sumber individu yang relatif kecil. Limbah yang dihasilkan antara lain berasal dari kegiatan pertanian, pemukiman, dan transportasi.

Penentuan jumlah limbah yang dibuang tidak dapat ditentukan secara langsung, melainkan dengan menggunakan data statistik kegiatan yang menggambarkan aktivitas penghasil limbah. Sumber pencemar air tak tentu atau *diffuse sources* biasanya berasal dari kegiatan pertanian, peternakan, kegiatan industri kecil–menengah, dan kegiatan domestik/penggunaan barang-barang konsumsi. Sumber-sumber pencemar air ini umumnya terdiri dari gabungan beberapa kegiatan kecil atau individual yang berpotensi menghasilkan air limbah yang dalam kegiatan inventarisasi sumber pencemar air tidak dapat dikelompokkan sebagai sumber tertentu (Permen LH 01, 2010).

Beban pencemaran sumber *non point sources* belum dapat diukur secara langsung di lapangan. Untuk memperkirakan besarnya beban pencemaran sumber *non point sources* digunakan pendekatan faktor emisi. Potensi beban pencemaran limbah domestik dihitung menggunakan formula sebagai berikut:

$$\text{PBP} = \text{Jumlah Penduduk} \times \text{Faktor emisi} \times \text{rek} \quad \dots\dots (1)$$

Tabel 1. Faktor Emisi Limbah Domestik

Parameter	Faktor Emisi (gr/hr)
TSS	38
BOD	40
COD	55

Sumber : Iskandar (2007) dalam Winandar (2015)

Faktor emisi limbah domestik adalah rasio potensi beban pencemaran pada perhitungan setiap orang. Perhitungan potensi beban pencemar *non point sources* berasal dari kegiatan domestik menunjukkan besaran beban pencemar yang dihasilkan akibat aktifitas sehari-hari pada setiap orang. Pola hidup mempengaruhi besaran beban pencemar yang dihasilkan pada setiap orang. Pola hidup pada suatu dikota berbeda dengan pola hidup didaerah yang tingkat kehidupannya masih alami.

Beban pencemaran yang dihasilkan dikota lebih tinggi dibandingkan didesa atau daerah pinggiran yang masih banyak mengandalkan kebutuhannya dari alam sehingga nilai rasio beban pencemar dikota lebih tinggi dari di desa.

Tabel 2. Nilai Rasio Ekvivalen Kota

No	Daerah	Rasio Ekvivalen
1	Kota	1
2	Pinggiran kota	0,8125
3	Pedalaman	0,6250

Sumber : Iskandar (2007) dalam Winandar (2015)

Beban pencemaran sumber *non point sources* pada pertanian digunakan konversi luas lahan dan jenis budidaya terhadap parameter limbah pertanian. Jenis pertanian mempengaruhi beban pencemaran yang dihasilkan, pertanian yang menggunakan pengairan lebih tinggi menghasilkan beban pencemaran sebab genangan air menyebabkan tingkat pembusukan bahan organik yang lebih tinggi.

Tabel 3. Perkiraan Beban Limbah dari Pertanian

No	Jenis Pertanian	Beban Pencemar Limbah Pertanian				
		BOD	N	P	TSS	Tanam
		Pestisida Kg/Ha/Musim			Tanam	
		Lt/Ha/Musim			Tanam	
1	Sawah	225	20	10	0,4	0,16
2	Palawija	125	10	5	2,4	0,08
3	Perkebunan lain	32,5	3	1,5	1,6	0,024

COD dihitung dengan mengalikan BOD x 1,5

Sumber : Iskandar (2007) dalam Winandar (2015)

Jenis ternak menghasilkan beban pencemaran yang berbeda, makin besar ternak makin besar rasio beban pencemar yang dihasilkan. Sapi merupakan ternak yang menghasilkan beban pencemar yang terbesar disebabkan sistem pencernaan sapi hanya mencerna 50% selulosa dalam makanannya dan sisanya masih

terdapat didalam tinjanya. Tinja sapi yang masih mengandung bagian besar dari bahan organik sehingga menjadi beban bagi lingkungan untuk menguraikannya.

Tabel 4. Konversi Beban Limbah dari Perternakan

No	Jenis Ternak	BOD	COD
		gr/ekor/hari	
1	Sapi	292	716
2	Kerbau	206	529
3	Kuda	226	558
4	Kambing	34	93
5	Domba	56	136
6	Ayam	3	6
7	Bebek	0,9	2,2

Sumber : Iskandar (2007) dalam Winandar (2015)

2.2.2. Parameter Indikator Pencemaran

DO (*Dissolved Oxygen* = Oksigen Terlarut)

Oksigen terlarut adalah banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter. Oksigen terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat atau tingkat kekotoran limbah yang ada. Semakin besar oksigen terlarut menunjukkan tingkat kekotoran limbah yang semakin kecil. Jadi ukuran DO berbanding terbalik dengan BOD.

BOD (*Biochemichal Oxygen Demand*)

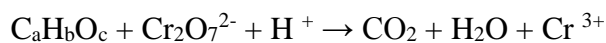
Limbah organik mudah dipecah menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dengan bakteri aerob yang memerlukan oksigen. Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk memecah atau mendegradasi senyawa organik dengan bantuan mikroorganisme disebut *biological oxygen demand* (BOD). Kandungan BOD menyatakan kandungan limbah organik (Purwanto, 2005). Oleh karena itu, kadar BOD dapat menjadi indikator pencemaran suatu sungai. Semakin tinggi nilai BOD maka air sungai semakin tercemar (Nugraha, 2008).

BOD (*Biochemichal Oxygen Demand*) atau kebutuhan oksigen biokimiawi merupakan satuan yang digunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik di dalam air limbah, yang menggunakan ukuran mg/liter air kotor. Pemeriksaan BOD didasarkan

didasarkan atas reaksi oksidasi zat organis dengan oksigen di dalam air dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri aerob sebagai hasil oksidasi akan terbentuk karbon dioksida, air dan amoniak. Atas dasar reaksi tersebut, yang memerlukan kira-kira 2 hari dimana 50% reaksi telah tercapai, 5 hari supaya 75% dan 20 hari supaya 100% tercapai. Pemeriksaan BOD dapat dipergunakan untuk menaksir beban pencemaran zat organis. Reaksi biologis pada tes BOD dilakukan pada temperatur inkubasi 20°C dan dilakukan selama 5 (lima) hari sehingga memiliki istilah yang lengkap BOD₅²⁰ (angka 20 berarti temperatur inkubasi dan angka 5 menunjukkan lama waktu inkubasi).

✚ **COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

Wardhana (2004) menyebutkan *Chemical Oxygen Demand* (COD) atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Bahan buangan organik tersebut akan dioksidasi oleh kalium bichromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi gas CO₂ dan gas H₂O serta sejumlah ion chrom. Reaksinya sebagai berikut :



Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, misalnya tannin, fenol, polisakarida dan sebagainya, maka lebih cocok dilakukan pengukuran COD daripada BOD. Kenyataannya hampir semua zat organik dapat dioksidasi oleh oksidator kuat seperti kalium permanganat dalam suasana asam, diperkirakan 95 % - 100 % bahan organik dapat dioksidasi. Perairan dengan nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/L, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L (UNESCO,WHO/UNEP, 1992 dalam Warlina, 2004).

✚ **Nitrogen**

Sebagian besar nitrogen yang ditemukan dalam air permukaan adalah hasil dari drainase tanah dan air limbah domestik. Air limbah domestik yang

merupakan sumber utama nitrogen berasal dari air limbah feses, urin dan sisa makanan. Besarnya kontribusi per kapita berkisar antara 8 – 12 lb nitrogen/tahun. Nitrogen ini ditemukan dalam bentuk organik (40%) dan amonia (NH_4^+) sebesar 60%. Nitrat adalah bentuk senyawa yang stabil dan keberadaannya berasal dari buangan pertanian, pupuk, kotoran hewan dan manusia dan sebagainya. Nitrat pada konsentrasi tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas, sehingga air kekurangan oksigen terlarut yang bisa menyebabkan kematian ikan.

Bakteri Coliform

Lingkungan perairan mudah tercemar oleh mikroorganisme berbahaya yang masuk dari berbagai sumber seperti permukiman, pertanian dan peternakan. Bakteri yang umum digunakan sebagai indikator tercemarnya suatu badan air adalah bakteri yang tergolong *Escherichia coli*, yang merupakan salah satu bakteri yang tergolong koliform dan hidup normal di dalam kotoran manusia dan hewan (Effendi, 2003). Keberadaan bakteri ini dapat digunakan sebagai indikator dalam menilai tingkat higienitas suatu perairan.

Bakteri coliform total merupakan semua jenis bakteri aerobik, anaerobic fakultatif, dan rod-shape (bakteri batang) yang dapat memfermentasi laktosa dan menghasilkan gas dalam waktu 48 jam pada suhu 35 °C. Bakteri coliform total terdiri dari *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella* dan *Enterobacter*. Fecal coliform adalah anggota dari coliform yang mampu memfermentasi laktosa pada suhu 44,5 °C dan merupakan bagian yang paling dominan (97%) pada tinja manusia dan hewan (Effendi, 2003).

2.2.3. Kualitas Perairan Sungai

Kualitas air pada dasarnya dapat dilakukan dengan pengujian untuk membuktikan apakah air itu layak dikonsumsi. Penetapan standar sebagai batas mutu minimal yang harus dipenuhi telah ditentukan oleh standar Internasional, standar Nasional, maupun standar perusahaan. Di dalam Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

disebutkan bahwa mutu air telah diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yang terdiri dari:

- ✚ Kelas I, air yang peruntukan dapat digunakan untuk air baku air minum, dan untuk peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegiatan tersebut.
- ✚ Kelas II, air yang diperuntukan dapat digunakan untuk prasarna/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- ✚ Kelas III, air yang diperuntukan dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan peruntukan lain yang persyaratan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- ✚ Kelas IV, air yang diperuntukan untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 5. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS			
		I	II	III	IV
FISIKA					
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400
KIMIA ORGANIK					
pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	5 - 9
BOD	mg/L	2	3	6	12
COD	mg/L	10	25	50	100
DO	mg/L	6	4	3	0
Total Phosfat sbg P	mg/L	0.2	0.2	1	5
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20
NH ₃ -N	mg/L	0.5	(-)	(-)	(-)
Arsen	mg/L 0,05	1	1	1	(-)
Cobalt	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)
Boron	mg/L	1	1	1	1
Selenium	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05
Cadmium	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01

Sumber: PP No. 82 (2001)

Tabel 6. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas (Lanjutan)

PARAMETER	SATUAN	KELAS			
		I	II	III	IV
Khrom (VI)	mg/L	0.05	0.05	0.05	1
Tembaga	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.2
Besi	mg/L	0.3	(-)	(-)	(-)
Timbal	mg/L	0.03	0.03	0.03	1
FISIKA					
Mangan	mg/L	0.1	(-)	(-)	(-)
Air Raksa	mg/L	0.001	0.002	0.002	0.005
Seng	mg/L	0.05	0.05	0.05	2
Khlorida	mg/L	600	(-)	(-)	(-)
Sianida	mg/L	0.02	0.02	0.02	(-)
Fluorida	mg/L	0.5	1.5	1.5	(-)
Nitrit sbg N	mg/L	0.06	0.06	0.06	(-)
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)
Khlorin Bebas	mg/L	0.03	0.03	0.03	(-)
Belerang Sebagai H ₂ S	mg/L	0.002	0.002	0.002	(-)
MIKROBIOLOGI					
- Fecal Coliform	Jml/100 ml	100	1000	2000	2000
- Total Coliform	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000
KIMIA ORGANIK					
Minyak dan Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)
Senyawa fenol sebagai fenol	ug/L	1	1	1	(-)
BHC	ug/L	210	210	210	(-)
Aldrin/Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)
DDT	ug/L	2	2	2	2

Sumber: PP No. 82 (2001)

2.2.4. Indeks Pencemaran

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air menyebutkan bahwa mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan dengan menggunakan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan. Status mutu air dapat ditentukan dengan menggunakan Metode Storet atau Metode Indeks Pencemaran seperti dijelaskan dalam Pasal 2 Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 tahun 2003.

Metode Storet dikembangkan oleh US-EPA dengan cara melakukan scoring parameter fisika, kimia dan biologi pada nilai data rata-rata, minimal,

dan maksimal. Metode ini mengharuskan kita memiliki data yang menganalisis semua parameter fisika, kimia, dan biologi pada baku mutu dengan frekuensi data yang series. Metode kedua yang direkomendasikan oleh Permen LH No 115 Tahun 2003 yang dikembangkan oleh Sumitomo dan Nemerow (1970) pada Universitas Texas yaitu suatu indeks yang berkaitan dengan senyawa pencemar pada suatu peruntukan. Indeks ini dikenal dengan Indeks Pencemaran (*Pollution Indeks*) yang digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relative terhadap parameter kualitas air yang diizinkan. Hefni (2016) menyebutkan bahwa pengelolaan kualitas air mengacu pada indeks pencemaran dapat memberikan saran menilai kualitas air serta dijadikan sebagai dasar mengambil tindakan untuk meningkatkan kualitas air ketika kualitas menurun akibat pencemaran.

2.3. Daya Tampung Beban Pencemaran

Daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar (Permen LH, 2010). Penetapan DTBP merupakan palaksanaan 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.

Hasil penetapan DTBP dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan dan kebijakan sebagai berikut:

- a. Penetapan rencana tata ruang
- b. Pemberian izin usaha dan/atau kegiatan yang lokasinya secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi kualitas sumber air
- c. Pemberian izin lingkungan yang berkaitan dengan pembuangan air limbah ke sumber air
- d. Penetapan mutu air sasaran serta kebijakan pengendalian pencemaran air

Berkaitan dengan pemberian izin, perhitungan DTBP dipergunakan untuk menetapkan mutu air limbah dan lokasi usaha dan/atau kegiatan sebagai salah satu persyaratan pemberian izin. Sementara itu hasil perhitungan DTBP dapat digunakan sebagai dasar pengalokasian beban (*waste load allocation*) yang diperbolehkan masuk ke sumber air dari berbagai sumber pencemar supaya tindakan pengendalian yang tepat dapat dilaksanakan yang pada akhirnya baku mutu air yang telah ditetapkan dapat dipenuhi atau mutu air sasaran dimasa yang akan datang dapat dicapai.

Metode yang dapat digunakan dalam menetapkan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 adalah metode perhitungan yang telah teruji secara ilmiah, yaitu metode neraca massa, metode streeter-phelps, pemodelan numerik terkomputerisasi (*computerized numerical modeling*) dan metode lain yang didasarkan pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sepanjang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

a. Metode Neraca Massa Rumus umum pengenceran:

$$V_1 C_1 + V_2 C_2 + \dots + V_n C_n = V_T C_T$$

Dimana:

V = Volume

C = Konsentrasi

Bila sistem adalah suatu aliran, maka V dapat diganti dengan Q (debit)

b. Metode Matematika Streeter-Phelps

Metode Matematika Streeter-Phelps adalah metode yang berdasarkan pada model matematik yang dikembangkan oleh Streeter dan Phelps. Model ini hanya terbatas pada dua fenomena yaitu: (1) Proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) akibat aktivitas bakteri, (2) Proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi) yang disebabkan turbulensi yang terjadi pada aliran sungai. Pada proses penyerapan oksigen (reaerasi) yang diserap oleh air dipergunakan untuk menggantikan DO yang dikonsumsi dalam mendegradasi BOD air.

c. Metode Komputasi

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. Salah satunya adalah dengan melakukan prediksi persebaran pencemar menggunakan model QUAL2K.

2.4. Model QUAL2Kw

Model QUAL2K merupakan versi modern dari US Environmental Protection Agency's (EPA) standard river water- quality model: QUAL2E yang dimodifikasi untuk mengatasi semua keterbatasan versi sebelumnya. Model Qual2Kw merupakan pengembangan dari model Qual2E dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic for Application (VBA) yang dapat dijalankan dengan program Microsoft Excel (Pelletier dkk, 2006).

Model QUAL2Kw mensimulasikan perpindahan dan perubahan sejumlah komponen kualitas air seperti temperatur, carbonaceous biochemical oxygen demand (CBOD), oksigen terlarut (DO), phytoplankton dan berbagai bentuk nutrient phosphorus dan nitrogen. Aplikasi ini juga dapat mensimulasi beberapa komponen lain yang tidak secara tipikal dimasukkan di dalam fasilitas software secara umum. Secara khusus, model ini mensimulasi pH, alkalinitas, padatan tersuspensi (suspended solid), bakteri patogen, dan alga dasar. Model dapat juga mensimulasikan pengaruh penambahan polutan terhadap kualitas air sungai. Pengguna dapat secara fleksibel memilih kombinasi parameter untuk optimasi dan menspesifikasi fungsi yang tepat untuk hasil terbaik (Chapra dan Pelletier, 2008).

Model ini mampu mensimulasi parameter kualitas air antara lain Temperatur, Conductivity, Inorganic Solids, Dissolved Oxygen, CBOD_{slow}, CBOD_{fast}, Organic Nitrogen, NH₄-Nitrogen, NO₃-Nitrogen, Organic Phosphorus, Inorganic Phosphorus (SRP), Phytoplankton, Detritus (POM), Pathogen, Generic constituent, Alkalinity, pH.

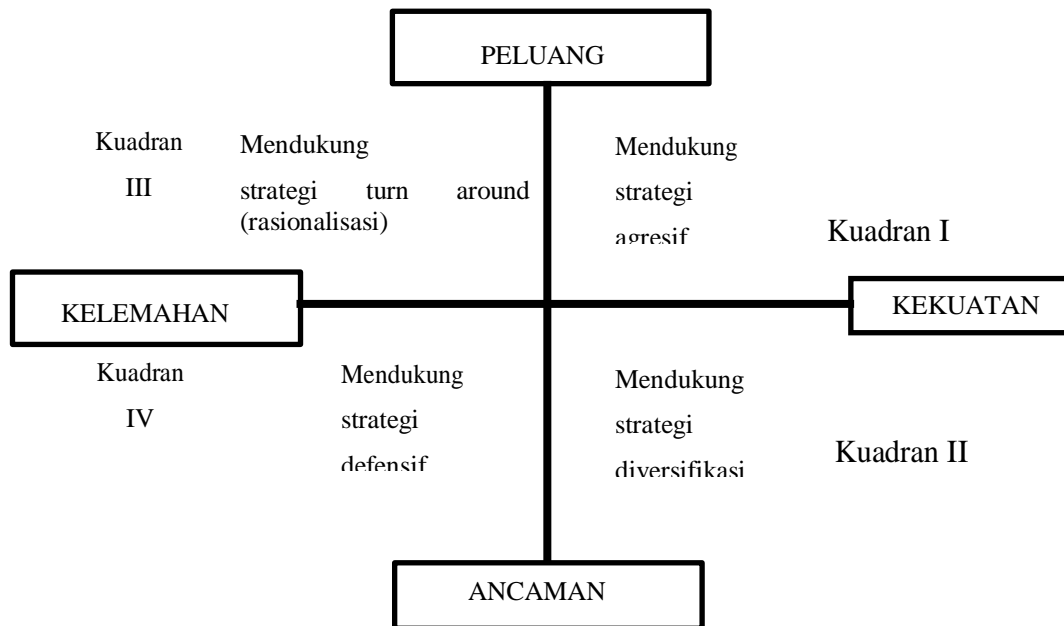
2.5. Analisis SWOT

Analisis SWOT merupakan identifikasi berbagai faktor secara sistematis sehingga merumuskan suatu strategi. Rangkuti (2015) menyebutkan bahwa analisis SWOT adalah analisis logika faktor-faktor strategis berupa kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman pada kondisi aktual.

Faktor-faktor tersebut kemudian dikelompokkan menjadi faktor strategi internal (IFAS) maupun dan faktor strategi eksternal (EFAS). Faktor internal meliputi faktor kekuatan dan kelemahan, sedangkan faktor eksternal meliputi faktor peluang dan ancaman. Faktor-faktor tersebut diberikan pembobotan dengan skala pembobotan mulai dari 1,0 (paling penting) sampai 0,0 (tidak penting) dengan jumlah skor tidak melebihi 1,00. Selanjutnya setiap faktor beri rating berdasarkan pengaruh faktor tersebut. Variabel yang bersifat positif diberi nilai dari skala paling kecil +1 hingga +4, sedangkan faktor yang bersifat negative menggunakan skala yang berkebalikan dari -4 hingga -1. Perbandingan nilai faktor internal dan faktor eksternal yang akan menentukan posisi kuadran dimana strategi kebijakan yang perlu diambil (Rangkuti, 2015).

Hasil analisis pada kuadran SWOT memiliki interpretasi sebagai berikut:

- ✚ Kuadran I: hasil penjumlahan skala linkert kekuatan > kelemahan, dan peluang > ancaman;
- ✚ Kuadran II: hasil penjumlahan pada skala linkert kekuatan > kelemahan, dan peluang < ancaman;
- ✚ Kuadran III: hasil penjumlahan pada skala linkert kekuatan < kelemahan, dan peluang > ancaman;
- ✚ Kuadran VI: hasil penjumlahan pada skala linkert kekuatan < kelemahan, dan peluang < ancaman.



Gambar 1. Matriks Analisis SWOT

Penyusunan strategi dilakukan dengan analisis lebih lanjut menggunakan matrik SWOT pada Tabel 6.

Tabel 6. Matriks SWOT

IFAS	<i>Strength (S)</i>	<i>Weakness (W)</i>
EFAS <i>Opportunities (O)</i>	Strategi SO Rumuskan strategi yang menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang	Strategi WO Rumuskan strategi yang mengurangi kelemahan dan memanfaatkan peluang
<i>Threats (T)</i>	Strategi ST Rumuskan strategi yang menggunakan kekuatan untuk menghindari ancaman	Strategi WT Rumuskan strategi yang meminimalkan kelemahan untuk menghindari ancaman

Sumber: Rangkuti (2015)

Metode analisis SWOT memiliki keunggulan yaitu dapat mengembangkan dan mengadopsi strategi yang disesuaikan dengan kondisi actual. Namun, metode SWOT juga memiliki kelemahan karena penilaian dilakukan secara konverhensif sehingga cenderung bersifat global dan ringkas, penilaian bersifat subjektif yang bergantung terhadap kemampuan analisis dan partisipan yang terlibat dalam proses tersebut (Kangas dkk, 2001).

Dalam analisis SWOT pengendalian pencemaran ini digunakan indikator-indikator sebagai dasar penilaian untuk mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman dalam upaya pengendalian pencemaran air saat ini. Indikator-indikator ini ditentukan berdasarkan unsur-unsur yang mempengaruhi tingkat pencemaran sungai dan prinsip-prinsip pengendalian pencemaran. Unsur-unsur yang digunakan dalam analisis ini adalah:

- ✚ Kondisi fisik sungai, merupakan unsur yang menjelaskan kondisi lingkungan sungai saat ini dengan masalah yang dihadapi dan potensi yang ada secara fisik. Unsur ini meliputi tingkat pencemaran air.
- ✚ Upaya pengendalian pencemaran air, merupakan unsur yang menjelaskan usaha-usaha pengendalian pencemaran air yang telah dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat, untuk mengurangi tingkat pencemaran air.
- ✚ Sikap dan perilaku masyarakat, merupakan unsur yang menjelaskan sikap-sikap dan perilaku masyarakat setempat dalam upaya pengendalian pencemaran air, baik yang bersifat mendukung maupun menghambat keberhasilan pengendalian pencemaran air.
- ✚ Peran Pemerintah dalam upaya pengendalian pencemaran air, merupakan unsur yang menjelaskan kebijakan pemerintah pusat, pemerintah provinsi, pemerintah kabupaten dan instansi terkait tentang pengendalian pencemaran air, baik yang bersifat mendukung maupun menghambat.

2.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengenai daya tampung beban pencemar Sungai Ciujung telah dilakukan sebelumnya oleh Hindriani (2013). Perhitungan daya tampung beban pencemar dilakukan pada Sungai Ciujung yang melewati Kabupaten Serang dengan menggunakan program WASP. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan oleh Hindriani dkk (2013) dengan metode WASP diperoleh hasil tanpa mereduksi beban pencemaran pada debit minimum ($1.9 \text{ m}^3/\text{detik}$) menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Ciujung dapat memenuhi kelas IV sepanjang 13.5 km dengan daya tampung beban pencemaran rata-rata 1,291.67 kg/hari. Ketika simulasi dilakukan pada debit maksimum ($29.9 \text{ m}^3/\text{detik}$), yang memenuhi kelas IV meningkat 85.19% menjadi 25 km dengan daya tampung beban pencemaran rata-rata 16,947.06 kg/hari. Sehingga yang sudah tidak memiliki daya tampung beban pencemaran adalah di bagian hilir Sungai Ciujung sepanjang 6.75 km.

Hasil simulasi yang dilakukan dengan mereduksi beban pencemaran dari *point source* sebesar 90% pada debit minimum ($1.9 \text{ m}^3/\text{detik}$) menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Ciujung dapat memenuhi kelas IV sepanjang 16 km dengan daya tampung beban pencemar rata-rata 1,297.53 kg/hari. Ketika simulasi dilakukan pada debit maksimum ($29.9 \text{ m}^3/\text{detik}$), yang memenuhi kelas IV meningkat 70.11% menjadi 27.25 km dengan daya tampung beban pencemaran rata-rata 21,241.74 kg/hari. Sehingga yang sudah tidak memiliki daya tampung beban pencemaran adalah di bagian hilir Sungai Ciujung sepanjang 4.5 km.

Adapun alternatif prioritas yang perlu dilakukan untuk pengendalian pencemaran di Sungai Ciujung di Kabupaten Serang adalah pengetatan perijinan pembuangan limbah dan kuota limbah ke sungai dengan eigen value 0.260 (Hindriani dkk, 2013).