

TESIS

**STRATEGI PENGELOLAAN SUNGAI JENEBERANG
DI WILAYAH KABUPATEN GOWA PROVINSI SULAWESI
SELATAN BERDASARKAN ANALISIS DAYA TAMPUNG
BEBAN PENCEMARAN**

Disusun dan diajukan oleh

ANDI SAIDAH PRATAMA INDAH LESTARI

P022181048



**PERENCANAAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**STRATEGI PENGELOLAAN SUNGAI JENEBERANG
DI WILAYAH KABUPATEN GOWA PROVINSI SULAWESI SELATAN
BERDASARKAN ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Perencanaan dan Pengembangan Wilayah

Disusun dan diajukan oleh

ANDI SAIDAH PRATAMA INDAH LESTARI

kepada

**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**STRATEGI PENGELOLAAN SUNGAI JENEBERANG
DI WILAYAH KABUPATEN GOWA PROVINSI SULAWESI SELATAN
BERDASARKAN ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN**

Disusun dan diajukan oleh

ANDI SAIDAH PRATAMA INDAH LESTARI

P022181048

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Studi Perencanaan dan Pengembangan Wilayah Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin

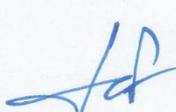
Pada tanggal 30 Agustus 2021
dan dinyatakan telah memenuhi Syarat kelulusan

Menyetujui,

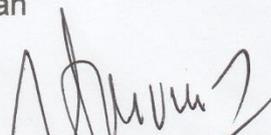
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. Hazairin Zubair, MS
NIP. 195408281983021001


Dr. Ir. Daniel Useng, M.Eng.Sc
NIP. 196202011990021002

Ketua Program Studi
Perencanaan dan Pengembangan
Wilayah


Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng
NIP. 196207271989031003

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin


Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc
NIP. 196703081990031001



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Andi Saidah Pratama Indah Lestari
Nomor Mahasiswa : P022181048
Program Studi : Perencanaan dan Pengembangan Wilayah

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 30 Agustus 2021
Yang Menyatakan,



Andi Saidah Pratama Indah Lestari

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tesis dengan judul *“Strategi Pengelolaan Sungai Jeneberang di Wilayah Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran”*.

Pada kesempatan ini, izinkanlah penulis untuk mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Hazairin Zubair, M.S selaku Ketua Komisi Penasihat dan Bapak Dr. Ir. Daniel Useng, M.Eng.Sc selaku Anggota Komisi Penasihat atas waktu, saran, bimbingan, petunjuk dan arahnya kepada penulis dalam menyusun dan menyelesaikan tesis ini. Selain itu, penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng, Bapak Dr. Maming, M.Si dan Bapak Prof. Dr. Ir. Muchtar Salam Solle, M.Sc., PGD atas saran-saran yang diberikan untuk perbaikan tesis ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh instansi, seluruh staf Sekolah Pascasarjana Unhas, seluruh rekan-rekan Program Studi PPW Sekolah Pascasarjana Unhas Angkatan 2018 serta semua pihak yang telah membantu penyelesaian tesis ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan pula kepada Pusbindiklatren BAPPENAS atas beasiswa yang diberikan dan kepada Bapak Ir. Andi Hasbi, MT sebagai Kepala Dinas Pengelolaan Lingkungan Hidup Provinsi

Sulawesi Selatan yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melanjutkan studi magister ini.

Terima kasih kepada suami, orang tua, adik-adik, khususnya anak-anak tercinta, Khansa dan Naya, atas dukungan dan doa yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran untuk perbaikan selanjutnya. Semoga hasil dari penelitian ini memberikan manfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang terkait.

Makassar, Agustus 2021

A. Saidah Pratama Indah Lestari

ABSTRAK

ANDI SAIDAH PRATAMA INDAH LESTARI. *Strategi Pengelolaan Sungai Jeneberang di Wilayah Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran* (dibimbing oleh Hazairin Zubair dan Daniel Useng).

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis potensi beban pencemaran yang masuk ke Sungai Jeneberang, (2) menganalisis nilai daya tampung beban pencemaran Sungai Jeneberang dan (3) merumuskan alternatif strategi pengelolaan Sungai Jeneberang.

Perhitungan daya tampung beban pencemaran Sungai Jeneberang dilakukan dengan pembagian segmentasi sungai menjadi 4 segmen. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah BOD₅, COD dan TSS. Seluruh parameter dianalisis berdasarkan baku mutu air kelas satu.

Hasil perhitungan potensi beban pencemaran diperoleh bahwa Kelurahan Bontoala yang masuk ke dalam segmen 2 hingga segmen 4 memberi kontribusi beban pencemaran tertinggi yaitu 945,71 kg/hari untuk BOD₅, 1.173,63 kg/hari untuk COD dan 891,96 kg/hari untuk TSS. Perhitungan daya tampung beban pencemaran Sungai Jeneberang terhadap ketiga parameter dengan menggunakan model kualitas air QUAL2Kw diketahui bahwa BOD₅ dan COD pada segmen 1 hingga 4 telah melampaui daya tampung beban pencemaran sehingga perlu penurunan beban pencemaran sebanyak 16.166,3 kg/hari untuk BOD₅ dan 80.491,11 kg/hari untuk COD, sedangkan untuk TSS masih memenuhi daya tampung untuk segmen 1 hingga 3. Total daya tampung beban pencemaran aktual untuk TSS adalah 18.859,55 kg/hari. Berdasarkan hasil analisis SWOT, alternatif strategi pengelolaan Sungai Jeneberang berdasarkan daya tampung beban pencemarannya adalah meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pemantauan kualitas air Sungai Jeneberang melalui sistem informasi pengaduan masyarakat, meningkatkan partisipasi masyarakat dalam menjaga kualitas air sungai dan fungsi sempadan sungai sebagai kawasan lindung serta meningkatkan kepatuhan pelaku usaha dalam pengolahan limbah melalui mekanisme *reward and punishment*, menyediakan sarana pengolahan limbah bagi UMKM dan memberikan *reward* bagi masyarakat dan pelaku usaha yang menerapkan 5R.

Kata kunci: daya tampung beban pencemaran, QUAL2Kw, Sungai Jeneberang, SWOT

ABSTRACT

ANDI SAIDAH PRATAMA INDAH LESTARI. *Management Strategies of Jeneberang River at Gowa Regency Area Sulawesi Selatan Province Based on Pollution Load Assimilative Capacity Analysis* (supervised by Hazairin Zubair and Daniel Useng).

This study aims to (1) analyze the potential pollution load that enters the Jeneberang river, (2) analyze the pollution load assimilative capacity of the Jeneberang river and (3) formulate alternative management strategies of the Jeneberang river.

The calculation of the Jeneberang pollution load assimilative capacity is carried out by dividing the river segmentation into 4 segments. The parameters used in this study were BOD₅, COD and TSS. All parameters are analyzed based on first-class water quality standards.

The results of the calculation of the potential pollution load showed that Bontoala village which was included in segment 2 to segment 4 contributed the highest pollution load, which is 945,71 kg/day for BOD₅, 1.173,63 kg/day for COD and 891,96 kg/day for TSS. The calculation of the Jeneberang pollution load assimilative capacity for the three parameters using the QUAL2Kw water quality model, it is known that BOD₅ and COD in segment 1 to 4 have exceeded the pollution load assimilative capacity, so it is necessary to reduce the pollution load by 16.166,3 kg/day for BOD₅ and 80.491,11 kg/day for COD, while for TSS is still meets the capacity for segment 1 to 3. The total of the actual pollution load assimilative capacity for TSS is 18.859,55 kg/day. Based on the results of the SWOT analysis, the alternative management strategies for the Jeneberang river based on its pollution load assimilative capacity are to increase community participation in monitoring the water quality of the Jeneberang river through a public complaint information system, increase community participation in maintain river water quality and the function of river borders as protected areas and also increase the compliance of business actors in waste management through reward and punishment mechanisms, provide waste treatment facilities for MSMEs and provide rewards for the community and business actors who apply 5R.

Keywords: Jeneberang river, pollution load assimilative capacity, QUAL2Kw, SWOT

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. RUMUSAN MASALAH.....	5
C. TUJUAN PENELITIAN.....	6
D. MANFAAT PENELITIAN.....	6
E. RUANG LINGKUP PENELITIAN	7
F. DEFINISI DAN ISTILAH.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
A. DAERAH ALIRAN SUNGAI	9
1. DAS Jeneberang	10
2. Sub DAS Jeneberang Hilir.....	13
B. PENCEMARAN AIR SUNGAI	14

1. Klasifikasi mutu air.....	15
2. Parameter kualitas air.....	16
3. Komponen pencemar air	19
4. Sumber pencemar air	21
5. Daya tampung beban pencemaran	23
C. SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG).....	25
D. STRATEGI PENGELOLAAN SUNGAI.....	27
E. KERANGKA KONSEPTUAL.....	29
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
A. JENIS DAN PENDEKATAN PENELITIAN	32
B. WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN.....	32
C. BAHAN DAN ALAT	35
D. VARIABEL PENELITIAN	36
E. JENIS DAN SUMBER DATA	36
F. TEKNIK PENGUMPULAN DATA.....	38
G. TEKNIK ANALISIS DATA	39
1. Analisis beban pencemaran Sungai Jeneberang	39
2. Analisis spasial.....	41
3. Analisis daya tampung beban pencemaran Sungai Jeneberang	43
4. Analisis strategi pengelolaan Sungai Jeneberang.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
A. SEGMENTASI SUNGAI JENEBERANG	56
B. KONDISI HIDROLOGI SUNGAI JENEBERANG	59

C. KONDISI KLIMATOLOGI DAN METEREOLOGI SUNGAI JENEBERANG.....	62
D. KONDISI KUALITAS AIR SUNGAI JENEBERANG	63
E. BEBAN PENCEMARAN DI SUNGAI JENEBERANG	68
F. DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN SUNGAI JENEBERANG	76
1. Simulasi 1 (kondisi <i>eksisting</i>)	77
2. Simulasi 2 (kondisi tanpa beban pencemar).....	79
3. Simulasi 3 (kondisi beban pencemaran penuh).....	82
G. STRATEGI PENGELOLAAN SUNGAI JENEBERANG	89
1. Identifikasi faktor-faktor strategi pengelolaan Sungai Jeneberang	89
2. Analisis data	91
3. Penentuan alternatif strategi.....	93
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	103
A. KESIMPULAN	103
B. SARAN	104
DAFTAR PUSTAKA.....	105
LAMPIRAN.....	111

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. Penggunaan lahan di DAS Jeneberang	11
Tabel 2. Koordinat titik pengambilan sampel	35
Tabel 3. Sumber data sekunder.....	38
Tabel 4. Nilai faktor effluent domestik	40
Tabel 5. Nilai faktor effluent pertanian	41
Tabel 6. Teknik simulasi	47
Tabel 7. Matriks penelitian	54
Tabel 8. Segmentasi Sungai Jeneberang dan titik pengambilan sampel air	58
Tabel 9. Data debit air Sungai Jeneberang.....	60
Tabel 10. Data kemiringan dasar saluran (slope) Sungai Jeneberang ...	61
Tabel 11. Data kecepatan angin	63
Tabel 12. Data suhu udara, tutupan awan dan tutupan bayangan Sungai Jeneberang.....	63
Tabel 13. Kualitas air Sungai Jeneberang	64
Tabel 14. Baku mutu air kelas satu.....	64
Tabel 15. Potensi beban pencemaran domestik menurut kelurahan dan segmentasi sungai	69
Tabel 16. Potensi beban pencemaran pertanian menurut kelurahan dan segmentasi sungai	70
Tabel 17. Data debit <i>point sources</i>	71
Tabel 18. Kualitas air <i>point sources</i>	71
Tabel 19. Beban pencemaran <i>point sources</i> menurut segmentasi sungai	72

Tabel 20. Potensi beban pencemaran menurut sumber pencemar, kelurahan dan segmentasi sungai.....	73
Tabel 21. Daya tampung beban pencemaran Sungai Jeneberang	85
Tabel 22. Matriks bobot dan rating untuk faktor internal	91
Tabel 23. Matriks bobot dan rating untuk faktor eksternal	92
Tabel 24. Matriks SWOT.....	94
Tabel 25. Analisis SWOT pengelolaan Sungai Jeneberang berdasarkan segmen	97

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Peta penggunaan lahan DAS Jeneberang.....	12
Gambar 2. Peta penggunaan lahan Sub DAS Jeneberang Hilir	13
Gambar 3. Neraca massa dalam segmen i	25
Gambar 4. Strategi pengembangan berdasarkan kuadran SWOT	28
Gambar 5. Kerangka konseptual	31
Gambar 6. Lokasi penelitian	34
Gambar 7. Diagram alir proses SIG dalam perhitungan potensi beban pencemaran.....	42
Gambar 8. Bentuk ambang lebar.....	44
Gambar 9. Lembar kerja QUAL2Kw	46
Gambar 10. Prosedur QUAL2Kw.....	49
Gambar 11. Matriks SWOT	52
Gambar 12. Peta segmentasi Sungai Jeneberang	57
Gambar 13. Data pengukuran kualitas air Sungai Jeneberang parameter BOD ₅ pada Tanggal 17 Juli 2020.....	65
Gambar 14. Data pengukuran kualitas air Sungai Jeneberang parameter COD pada Tanggal 17 Juli 2020	65
Gambar 15. Data pengukuran kualitas air Sungai Jeneberang parameter TSS pada Tanggal 17 Juli 2020	67
Gambar 16. Persentase beban pencemaran menurut sumber pencemar.....	74
Gambar 17. Peta beban pencemaran Sungai Jeneberang.....	75
Gambar 18. Hasil simulasi BOD ₅ pada kondisi <i>eksisting</i>	78
Gambar 19. Hasil simulasi COD pada kondisi <i>eksisting</i>	78

Gambar 20. Hasil simulasi TSS pada kondisi <i>eksisting</i>	79
Gambar 21. Hasil simulasi BOD ₅ pada kondisi tanpa beban pencemaran.....	80
Gambar 22. Hasil simulasi COD pada kondisi tanpa beban pencemaran.....	81
Gambar 23. Hasil simulasi TSS pada kondisi tanpa beban pencemaran.....	81
Gambar 24. Hasil simulasi BOD ₅ pada kondisi beban pencemaran penuh.....	83
Gambar 25. Hasil simulasi COD pada kondisi beban pencemaran penuh.....	83
Gambar 26. Hasil simulasi TSS pada kondisi beban pencemaran penuh.....	84
Gambar 27. Peta daya tampung Sungai Jeneberang.....	87
Gambar 28. Peta daya tampung aktual Sungai Jeneberang	88
Gambar 29. Diagram kuadran SWOT.....	93

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran 1. Hasil <i>WQ Output</i> untuk Simulasi 1, 2 dan 3	111
Lampiran 2. Nilai <i>fitness</i> dari Simulasi 1	112
Lampiran 3. Kuesioner SWOT	113
Lampiran 4. Lampiran hasil penilaian responden.....	116

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Pembangunan adalah usaha untuk meningkatkan kesejahteraan penduduk. Pembangunan dapat pula berarti pertumbuhan ekonomi yang berfokus pada jumlah (kuantitas) produksi dan penggunaan sumber-sumber daya yang ada. Pembangunan yang menitikberatkan pada pemanfaatan sumber daya alam akan menyebabkan tekanan pada lingkungan (Setyobudiarso and Yuwono, 2017; Widiatmono *et al.*, 2017).

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang juga tidak luput dari aktivitas pembangunan untuk meningkatkan kesejahteraan penduduknya. Provinsi Sulawesi Selatan merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang sangat pesat laju pembangunannya. Hal ini ditandai dengan pertumbuhan ekonomi Sulawesi Selatan pada Triwulan II 2019 yang mencapai 7,46 persen (yoy) atau menduduki peringkat keempat secara nasional (Mappong, 2019).

Aktivitas pembangunan tersebut diikuti pula dengan peningkatan jumlah penduduk yang mendorong meningkatnya konsumsi serta kegiatan dan usaha di berbagai sektor, sehingga menambah tekanan terhadap lingkungan. Pada Tahun 2020, jumlah penduduk di Provinsi Sulawesi Selatan sebesar 9.073.500 jiwa dengan jumlah penduduk tertinggi berada

di Kota Makassar yaitu 1.423.900 jiwa, Kabupaten Bone dengan 801.800 jiwa dan Kabupaten Gowa diurutan ketiga dengan 765.800 jiwa (BPS Provinsi Sulawesi Selatan, 2021).

Pertumbuhan ekonomi dan peningkatan jumlah penduduk tentu saja berdampak pada keperluan akan sumber daya air khususnya air bersih semakin meningkat. Namun, berbagai aktivitas pembangunan dan aktivitas penduduk dalam memenuhi kebutuhan hidupnya tersebut juga akan menghasilkan limbah. Produksi limbah yang dibuang ke media lingkungan khususnya limbah cair yang dibuang ke sungai, apabila dilakukan secara terus menerus dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran sehingga terjadi penurunan kualitas air sungai (Kori *et al.*, 2013; Komarudin *et al.*, 2015; Mahyudin *et al.*, 2015; Setiawan *et al.*, 2017; Widiatmono *et al.*, 2017).

Pada dasarnya sungai mempunyai kemampuan dalam memperbaiki dirinya dari unsur pencemar atau dikenal dengan *self purification*. Namun kemampuan ini terbatas sehingga apabila masuk sejumlah bahan pencemar dalam jumlah yang besar maka kemampuan tersebut menjadi tidak terlalu berarti dalam mengembalikan sungai dalam kondisi semula (Hendriarianti *et al.*, 2014; Setyobudiarso and Yuwono, 2017). Kemampuan alamiah sungai inilah yang membatasi daya tampung sungai terhadap pencemar dan apabila daya tampungnya terlampaui dapat mengakibatkan terganggunya daya dukung sungai yang pada akhirnya sumber daya alam

ini akan mengalami kelangkaan baik ditinjau dari kuantitas maupun kualitas (Komarudin *et al.*, 2015; Mahyudin *et al.*, 2015; Pangestu *et al.*, 2017).

Oleh karena itu, penetapan daya tampung beban pencemaran air sungai sangat penting dilakukan sebagai acuan dalam penataan ruang, pemberian izin lokasi, pengelolaan air dan sumber air, pemberian izin pembuangan air limbah, penetapan mutu air, sasaran dan program kerja pengendalian pencemaran air (Kusmawati, 2016).

Pencemaran air di sungai merupakan proses yang kompleks sebagai representasi dampak dari interaksi antara zat pencemar, hidrogeomorfologi sungai dan aktivitas manusia. Untuk memprediksi daya tampung beban pencemaran di sungai diperlukan model sebagai alat (*tool*) yang mampu menirukan proses yang sesungguhnya, walaupun tentunya dengan menggunakan penyederhanaan dan asumsi-asumsi (Komarudin *et al.*, 2015). Salah satu alat yang sudah teruji secara ilmiah adalah program QUAL2Kw.

Penggunaan QUAL2Kw telah diterapkan pada banyak sungai di berbagai wilayah, di antaranya Sungai Pesanggrahan, Kota Depok (Komarudin *et al.*, 2015), Sungai Karanja, India (Kori *et al.*, 2013), Sungai Gharehsou, Iran (H and H, 2018), Sungai Badung, Kota Denpasar (Setiawan *et al.*, 2017), Sungai Kalibaru Timur, DKI Jakarta (Pangestu *et al.*, 2017), Kali Surabaya, Kota Surabaya (Indriani *et al.*, 2016), Sungai Citarum, Kota Karawang (Mustika and Sofyan, 2016), Tukad Mati, Kabupaten Badung (Putra *et al.*, 2017), Sungai Metro, Kota Malang

(Hendriarianti *et al.*, 2014), Sungai Batang Lembak, Kota Solok (Azhar and Dewata, 2018), Sungai Bedog, Yogyakarta (Setiawan *et al.*, 2018) dan Sungai Yamuna, India (Sharma *et al.*, 2017).

Wilayah Sulawesi Selatan dialiri sekitar 67 sungai, salah satu sungai besar yang memiliki peran penting bagi masyarakat yaitu Sungai Jeneberang. Sungai Jeneberang memiliki daerah aliran sungai seluas 881 km² dengan panjang 90 km, melintasi wilayah Kabupaten Gowa dan bermuara ke bagian selatan Kota Makassar.

Sungai Jeneberang pada segmen Kabupaten Gowa terdapat Bendungan Bili-Bili yang dimanfaatkan untuk irigasi pertanian, pembangkit listrik dan air baku untuk air minum masyarakat Gowa dan Makassar. Namun, fungsi strategis Sungai Jeneberang tersebut banyak mendapat beban pencemaran yang berasal dari limbah domestik, limbah industri, aktivitas pertambangan batuan dan perilaku masyarakat yang membuang sampahnya langsung ke sungai. Menurut Dinas Pengelolaan Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Selatan (2018), kualitas air Sungai Jeneberang dari hulu ke hilir bervariasi, dari cemar ringan hingga cemar sedang berdasarkan metode indeks pencemaran (IP), dengan parameter *biological oxygen demand* (BOD₅) dan *chemical oxygen demand* (COD) terindikasi telah melebihi baku mutu.

Oleh karena itu, analisis lebih lanjut terhadap beban pencemaran yang masuk ke Sungai Jeneberang di wilayah Kabupaten Gowa dengan menggunakan metode QUAL2Kw perlu dilakukan. Dengan demikian, daya

tampung beban pencemaran sungai dapat ditentukan dan selanjutnya diupayakan strategi pengelolaan sungai yang berkelanjutan sebagai salah satu instrumen dalam perencanaan dan pengembangan wilayah tersebut.

B. RUMUSAN MASALAH

Sungai Jeneberang yang merupakan sungai utama Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang telah mendapat tekanan-tekanan lingkungan akibat dari kegiatan pembangunan seperti pemukiman, pertanian, pariwisata, industri dan pertambangan.

Penentuan daya tampung beban pencemaran Sungai Jeneberang yang dilakukan secara terintegrasi dengan analisis spasial terhadap sumber-sumber pencemarnya dapat diikuti dengan kebijakan pengendalian atau penurunan tingkat pencemaran yang lebih terpadu secara kewilayahan yang kemudian menjadi dasar pengelolaan sumber daya air sungai.

Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang dan uraian di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Seberapa besar beban pencemaran yang masuk ke Sungai Jeneberang?
2. Bagaimana daya tampung beban pencemaran Sungai Jeneberang?
3. Bagaimana strategi pengelolaan Sungai Jeneberang agar sesuai dengan daya tampungnya?

C. TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis potensi beban pencemaran yang masuk ke Sungai Jeneberang.
2. Menganalisis nilai daya tampung beban pencemaran Sungai Jeneberang.
3. Merumuskan alternatif strategi pengelolaan Sungai Jeneberang.

D. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan informasi bagi peneliti selanjutnya mengenai Sungai Jeneberang.
2. Sebagai bahan informasi mengenai kondisi kualitas air Sungai Jeneberang khususnya segmen Kabupaten Gowa.
3. Sebagai bahan masukan bagi Pemerintah Daerah untuk menerapkan berbagai alternatif kebijakan pengendalian pencemaran air serta bermanfaat dalam penataan ruang di wilayah DAS Jeneberang dalam rangka menjaga kualitas sumber daya alam dan lingkungan.

E. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sungai Jeneberang yang dianalisis daya tampung beban pencemarannya menggunakan metode QUAL2Kw adalah Segmen Kabupaten Gowa, Sub DAS Jeneberang Hilir yang melewati Kelurahan Pandang-pandang, Sungguminasa, Tompobalang, Taeng, Bontoala dan Pangkabinanga.
2. Parameter kualitas air yang dianalisis daya tampung beban pencemarannya adalah BOD₅, COD dan TSS.

F. DEFINISI DAN ISTILAH

Beberapa istilah yang digunakan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. 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.
2. 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.
3. Beban pencemaran adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah.

4. Daya tampung beban pencemaran adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. DAERAH ALIRAN SUNGAI

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, DAS adalah 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.

Indonesia merupakan negara terbesar ke-5 di dunia yang memiliki cadangan air terbesar yaitu 3.221 milyar m³/tahun. Dari cadangan tersebut, hanya sebesar 21,46 % atau sekitar 691,3 milyar m³/tahun yang dapat dimanfaatkan.

Salah satu permasalahan dalam pengelolaan sumber daya air di Indonesia adalah bertambahnya luas kerusakan DAS termasuk hutan sebagai akibat degradasi lahan dan air di DAS tersebut. Oleh karena itu, pemerintah perlu menetapkan prioritas bagi DAS yang rusak tersebut. DAS Jeneberang merupakan salah satu dari 108 DAS prioritas yang ditetapkan oleh pemerintah. Upaya pengelolaan DAS menempati posisi strategis dalam pengelolaan sumber daya air untuk mendukung pembangunan

nasional yang berkelanjutan (Direktorat Pengendalian Pencemaran Air Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2019).

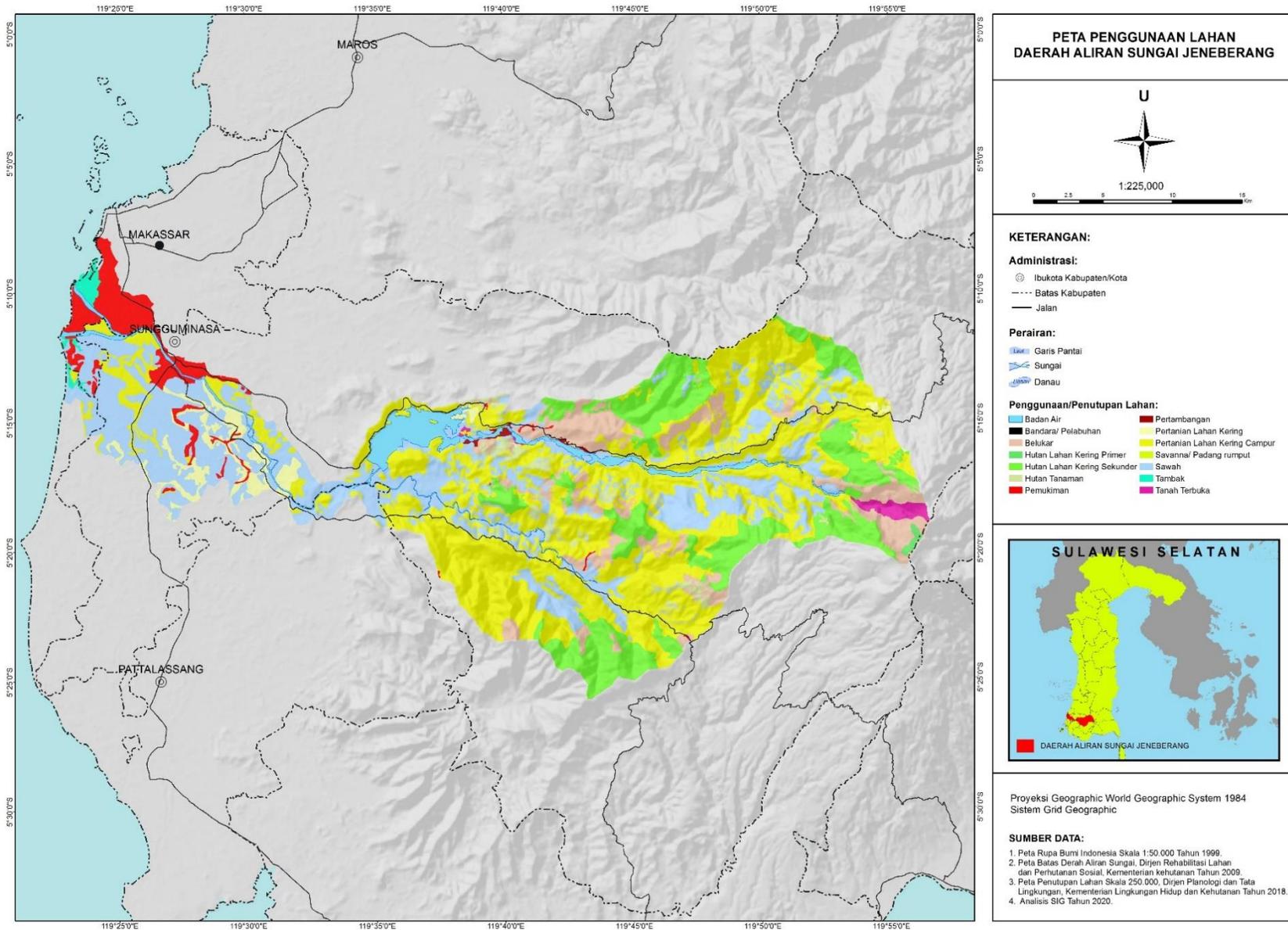
1. DAS Jeneberang

Secara geografis, DAS Jeneberang terletak pada $119^{\circ} 23' 50''$ BT - $119^{\circ} 23' 50''$ BT dan $05^{\circ} 10' 00''$ LS - $05^{\circ} 26' 00''$ LS dengan panjang sungai utamanya 90 km (Badan Pusat Statistik Kabupaten Gowa, 2020). Pola aliran sungai yang dendritik dengan dua cabang sungai besar yaitu Salo Kausisi di bagian selatan dan Salo Malino di bagian utara mengakibatkan bentuk DAS Jeneberang membujur dari timur ke barat dengan bagian hulu yang lebih luas dan mengerucut ke arah Bendungan Bili-bili setelah percabangan Salo Kausisi dan Salo Malino (Dinas Pengelolaan Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Selatan, 2018).

Penggunaan lahan di DAS Jeneberang meliputi pemukiman, pertanian lahan kering, sawah, hutan, pertambangan, tambak, padang rumput, tanah terbuka dan badan air. Sebagian besar penggunaan lahan di DAS Jeneberang merupakan pertanian dan hutan yang tersebar di bagian hulu dan tengah DAS Jeneberang sedangkan pemukiman dan sawah terlihat mendominasi pada bagian barat mendekati hilir dari DAS Jeneberang yaitu Selat Makassar.

Tabel 1. Penggunaan lahan di DAS Jeneberang

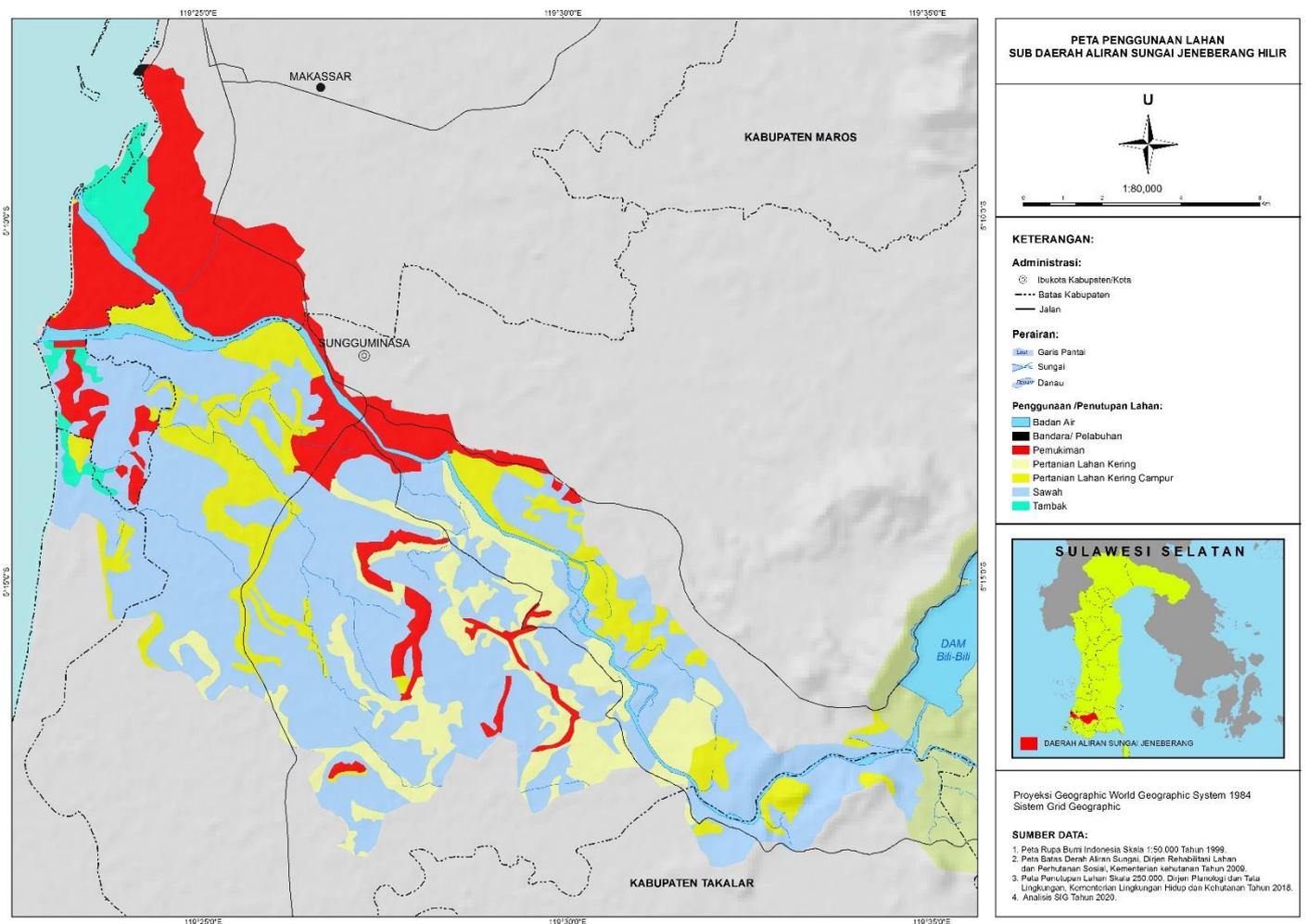
No.	Penggunaan lahan	Luas (km²)	Persentase (%)
1.	Badan air	29,25	3,71
2.	Pelabuhan	0,07	0,01
3.	Belukar	63,06	7,99
4.	Hutan lahan kering primer	1,52	0,19
5.	Hutan lahan kering sekunder	113,95	14,44
6.	Hutan tanaman	15,35	1,95
7.	Pemukiman	31,92	4,05
8.	Pertambangan	1,13	0,14
9.	Pertanian lahan kering	23,07	2,92
10.	Pertanian lahan kering campur	308,17	39,06
11.	Padang rumput	0,05	0,01
12.	Sawah	191,54	24,28
13.	Tambak	4,52	0,57
14.	Tanah terbuka	5,34	0,68
	Total	788,92	100,00



Gambar 1. Peta penggunaan lahan DAS Jeneberang

2. Sub DAS Jeneberang Hilir

Sub DAS Jeneberang Hilir memiliki luas sebesar 171,93 km² atau 44,983 % dari luas DAS Jeneberang secara keseluruhan. Penggunaan lahan di Sub DAS Jeneberang Hilir didominasi oleh sawah dengan luas 88,30 km² (51,45 %) dan pemukiman dengan luas 31,03 km² (18,05%).



Gambar 2. Peta penggunaan lahan Sub DAS Jeneberang Hilir

B. PENCEMARAN AIR SUNGAI

Sungai adalah suatu ekosistem perairan yang dipengaruhi oleh banyak faktor, baik oleh aktivitas alam maupun aktivitas manusia di DAS. Sungai merupakan jaringan alur-alur pada permukaan bumi yang terbentuk secara alamiah, mulai dari bentuk kecil di bagian hulu sampai besar di bagian hilir. Air hujan yang jatuh di atas permukaan bumi dalam perjalanannya sebagian kecil menguap dan sebagian besar mengalir dalam bentuk-bentuk kecil, kemudian menjadi alur sedang seterusnya mengumpul menjadi satu alur besar atau utama (Fadjarajani *et al.*, 2018).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai, sungai adalah alur atau wadah 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. Karakter setiap sungai ditentukan oleh kondisi geohidrobiologi wilayah dan sosial budaya masyarakat setempat. Pemberian sempadan yang cukup terhadap sungai dan pencegahan pencemaran sungai merupakan upaya untuk perlindungan dan pelestarian fungsi sungai.

Sejak dahulu sungai telah dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan manusia, misalnya pemanfaatan sungai untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, sanitasi lingkungan, pertanian, industri, pariwisata, olahraga, pertahanan, perikanan, pembangkit tenaga listrik dan transportasi. Demikian pula fungsinya bagi alam sebagai pendukung utama kehidupan flora dan fauna sangat menentukan. Kondisi ini perlu dijaga jangan sampai

menurun. Oleh karena itu, sungai perlu dipelihara agar dapat berfungsi secara baik dan berkelanjutan.

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia sangat bergantung pada air, dan kualitas kesehatan juga sangat ditentukan oleh kualitas air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari. Pada saat ini di beberapa tempat, terutama pada daerah yang padat pemukiman, sudah mulai mengalami kesulitan untuk mendapatkan air yang baik yaitu air dengan kualitas tertentu karena adanya pencemaran terhadap sumber air yang disebabkan oleh kegiatan manusia (Situmorang, 2017).

1. Klasifikasi mutu air

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, disebutkan bahwa klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas:

- 1) 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.
- 2) Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- 3) Kelas tiga, air yang peruntukannya 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.
- 4) Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2. Parameter kualitas air

Air dengan kualitas baik harus bebas dari senyawa pencemar toksik, bebas bakteri (mikroorganisme), tidak berasa dan tidak berwarna. Kualitas air suatu sungai dapat diidentifikasi berdasarkan parameter-parameter yang bersifat fisik, kimiawi dan biologis, di mana semakin tinggi kadar tersebut maka air sungai semakin tercemar (Widiatmono *et al.*, 2017). Beberapa parameter analisis kualitas air antara lain kelarutan zat padat di dalam air, padatan tersuspensi, konduktivitas ionik, kelarutan oksigen, pH, *chemical oxygen demand* (COD), *biological oxygen demand* (BOD₅) dan total organik karbon.

Kelarutan oksigen (*dissolved oxygen*, DO) di dalam air merupakan indikator kualitas air karena kadar oksigen yang terlarut di dalam air sangat dibutuhkan oleh organisme air untuk mendukung kelangsungan hidupnya. Penurunan konsentrasi oksigen terlarut dan degradasi pencemar oleh mikroorganisme, oksidasi kimia, pernafasan alga dan fitoplankton

mengakibatkan kerusakan ekosistem perairan. Dampak konsentrasi oksigen terlarut yang rendah atau bahkan kondisi anaerob menyebabkan kematian ikan dan organisme akuatik lainnya serta menghasilkan bau yang tidak sedap dan kerusakan estetika lainnya (Kori *et al.*, 2013) serta mempercepat proses eutrofikasi di sungai (Sharma *et al.*, 2017)

Kebutuhan oksigen biologis atau *biological* atau *biochemical oxygen demand* (BOD₅) didefinisikan sebagai pengukuran pengurangan kadar oksigen di dalam air yang dikonsumsi oleh makhluk hidup (organisme) di dalam air selama periode lima hari pada keadaan gelap (tidak terjadi proses fotosintesis). Pengurangan kadar oksigen ini disebabkan oleh kegiatan organisme (bakteri) mengonsumsi atau mendegradasi senyawa organik dan nutrisi lain yang terdapat di dalam air yang membutuhkan oksigen. Air yang relatif bersih akan mengandung mikroorganisme relatif sedikit, sehingga pengurangan oksigen di dalam air selama periode lima hari akan sedikit, sedangkan untuk air yang terpolusi dan mengandung banyak mikroorganisme bakteri akan mengonsumsi lebih banyak oksigen dalam proses degradasi senyawa organik dan nutrisi selama lima hari, sehingga pengurangan kadar oksigen terlarut di dalam air menjadi besar.

Kebutuhan oksigen kimia atau *chemical oxygen demand* (COD) didefinisikan sebagai kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi senyawa kimia yang terdapat di dalam air. Pengujian COD dilakukan untuk mengetahui jumlah senyawa organik yang dapat dioksidasi di dalam air menggunakan senyawa kimia sebagai sumber oksigen.

Tingkat keasaman air atau sering juga disebut sebagai kekuatan asam (pH) termasuk parameter untuk kualitas air. Air yang belum terpolusi biasanya memiliki tingkat keasaman berada pada skala 6,0-8,0. Besar pH air dapat diukur dengan menggunakan pH meter.

Kelarutan zat padat dalam air atau disebut sebagai *total dissolved solid* (TDS) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, senyawa, atau koloid di dalam air. Zat padat terlarut di dalam air perlu diketahui untuk mengetahui produktivitas air. Produktivitas air akan tinggi terhadap kehidupan organisme seperti tumbuhan dan mikroba apabila zat padat terlarut tersebut berupa nutrisi dalam bentuk senyawa fosfat, nitrat, yang mendukung kehidupan organisme. Zat padat terlarut di dalam air juga merupakan indikasi ketidaknormalan air, yaitu terjadi penyimpangan air dari keadaan yang sebenarnya. Penyimpangan keadaan air ini paling banyak disebabkan oleh kegiatan manusia seperti masuknya senyawa buangan berupa limbah industri, kotoran manusia dan hewan, limbah rumah tangga, dan lain sebagainya ke dalam air (Situmorang, 2017).

Padatan tersuspensi atau disebut sebagai *total suspended solid* (TSS) adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap. Padatan tersuspensi akan dapat mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam air, sehingga memengaruhi regenerasi oksigen dan fotosintesis (Azhar and Dewata, 2018).

3. Komponen pencemar air

Banyaknya aktivitas manusia yang melibatkan air maka secara langsung atau tidak langsung akan mengakibatkan pencemaran air, untuk itu perlu diketahui komponen-komponen pencemar air sehingga dapat diketahui sumber pencemar dan cara mengatasinya dalam pengelolaan lingkungan. Menurut Situmorang (2017), komponen pencemar air dapat berupa bahan buangan padat, bahan buangan organik, bahan buangan anorganik, bahan buangan makanan, bahan buangan cair berminyak, bahan buangan kimia dan bahan buangan berupa panas.

Bahan buangan padat adalah limbah padat berupa butiran besar dan halus yang masuk ke dalam air. Sebagian dari bahan buangan padat ini dapat melarut, sebagian lagi membentuk koloid dan yang lainnya tidak melarut di dalam air. Bahan buangan padat yang melarut dapat menyebabkan konsentrasi bahan pencemar di dalam air semakin tinggi. Bahan buangan padat yang membentuk koloid dapat menyebabkan air menjadi keruh, sehingga menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air dan menghambat proses fotosintesis air sehingga mengurangi kelarutan oksigen dalam air. Sedangkan bahan buangan padat yang tidak melarut dapat menyebabkan pengendapan di dasar air sehingga mengakibatkan pendangkalan aliran air pada sungai.

Bahan buangan organik biasanya dapat didegradasi oleh mikroorganisme. Bahan buangan organik sebaiknya jangan masuk ke dalam air karena senyawa organik akan dapat meningkatkan jumlah dan

aktivitas mikroorganisme seperti bakteri. Meningkatnya jumlah bakteri, terutama bakteri patogen akan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia bila air yang dikonsumsi terkontaminasi organisme patogen. Kegiatan pemukiman akan memberikan masukan bahan organik ke sungai (Djoharam *et al.*, 2018).

Bahan buangan anorganik dapat berupa anion, kation dan garam, biasanya berasal dari bahan buangan industri seperti industri logam, elektroplating, industri elektronika dan industri kimia. Kebanyakan bahan buangan anorganik ini tidak terdegradasi oleh mikroorganisme, banyak juga yang melarut di dalam air dalam bentuk ion-ion seperti ion logam. Kehadiran ion-ion logam dalam air sangat memengaruhi kehidupan air karena banyak di antaranya sangat toksik seperti Pb, As, Hg, Cu dan lain-lain.

Bahan buangan makanan sebenarnya merupakan bahan buangan organik namun diberikan pengelompokan khusus karena bahan buangan makanan pada umumnya akan memberikan bau busuk. Bahan buangan makanan dan limbah rumah tangga sangat berbahaya terhadap kesehatan karena dapat meningkatkan jumlah bakteri patogen di dalam air yang apabila dikonsumsi oleh manusia dapat mengakibatkan penyakit seperti diare, tipus, disentri dan lain-lain.

Bahan buangan cair berminyak sering dijumpai pada air sungai dan air laut yang disebabkan oleh pembuangan limbah minyak atau berminyak oleh industri pengolahan minyak dan curahan bahan berminyak oleh mesin transportasi perairan. Bahan cair berminyak sangat memengaruhi

kehidupan air karena lapisan minyak di dalam air akan menghalangi masuknya oksigen ke dalam air, sehingga akan mengurangi kelarutan oksigen di dalam air yang dapat memengaruhi daya tahan makhluk hidup di dalam air.

Bahan buangan zat kimia termasuk pencemar yang sangat berbahaya dan potensial merusak lingkungan. Beberapa senyawa kimia yang umum dikenal sebagai pencemar antara lain adalah detergen, insektisida, zat warna kimia, senyawa organik, bahan sintesis, larutan penyamak kulit dan lain-lain. Senyawa yang paling umum menjadi pencemar air adalah detergen dan pestisida (Situmorang, 2017).

4. Sumber pencemar air

Pencemar air merupakan bahan yang mengubah sifat fisik, kimia dan biologis air, bahan-bahan ini disebabkan oleh aktivitas manusia dan umumnya diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok utama sumber pencemar yaitu sumber pencemar industri, domestik dan pertanian (Hoseini and Hoseini, 2018; Yaser and Pegah, 2018). Meningkatnya aktivitas domestik, pertanian dan industri akan mempengaruhi kualitas air sungai (Mahyudin *et al.*, 2015).

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, sumber pencemar air dapat dikelompokkan menjadi sumber tertentu (*point sources*) dan sumber tak tentu (*area/diffuse/non-point sources*).

Sumber pencemar tertentu (*point sources*) merupakan sumber-sumber pencemar air yang secara geografis dapat ditentukan lokasinya dengan tepat. Sumber pencemar air yang berasal dari *point sources* antara lain seperti kegiatan industri dan pembuangan limbah domestik terpadu. 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. *Non-point sources* biasanya berasal dari kegiatan pertanian, peternakan, kegiatan industri kecil menengah dan kegiatan domestik/penggunaan barang-barang konsumsi.

Pada dasarnya sungai memiliki mekanisme atau kemampuan alami untuk bereaksi terhadap masuknya bahan pencemar sehingga dapat kembali pada kualitas air semula yang dikenal dengan *self purification* (Hendriarianti *et al.*, 2014; Setyobudiarso and Yuwono, 2017) atau kapasitas asimilatif (Komarudin *et al.*, 2015; Hoseini and Hoseini, 2018; Yaser and Pegah, 2018). Namun, akumulasi dari sumber pencemar akan menimbulkan beban cemaran terhadap kemampuan sungai untuk pulih kembali (Widiatmono *et al.*, 2017). Oleh karena itu, aktivitas maupun kegiatan di sepanjang sungai yang akan menghasilkan pencemar berupa beban pencemaran harus diperkirakan total beban pencemarannya untuk pengelolaan lingkungan yang tepat (Pangestu *et al.*, 2017).

5. Daya tampung beban pencemaran

Pengaturan jumlah bahan pencemar yang dapat dibuang ke sungai didasarkan atas kajian ilmiah tentang daya tampung beban pencemaran pada sungai (Pangestu *et al.*, 2017). Perhitungan daya tampung beban pencemaran diperlukan untuk mengendalikan zat pencemar yang berasal dari sumber pencemar yang masuk ke dalam sungai dengan mempertimbangkan kondisi intrinsik sungai dan baku mutu air yang ditetapkan (Setyobudiarso and Yuwono, 2017).

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air, dalam menetapkan daya tampung beban pencemaran digunakan metode perhitungan yang telah teruji secara ilmiah, yaitu metode neraca massa dan metode Streeter-Phelps.

Metode neraca massa merupakan model matematika yang dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi rata-rata aliran hilir (*down stream*) yang berasal dari sumber pencemar *point sources* dan *non point sources*, perhitungan ini pula dapat dipakai untuk menentukan persentase perubahan laju alir atau beban polutan. Metode neraca massa ini dapat juga digunakan untuk menentukan pengaruh erosi terhadap kualitas air yang terjadi selama tahap konstruksi atau operasional suatu proyek dan dapat juga digunakan untuk suatu segmen aliran, suatu sel pada danau dan samudera.

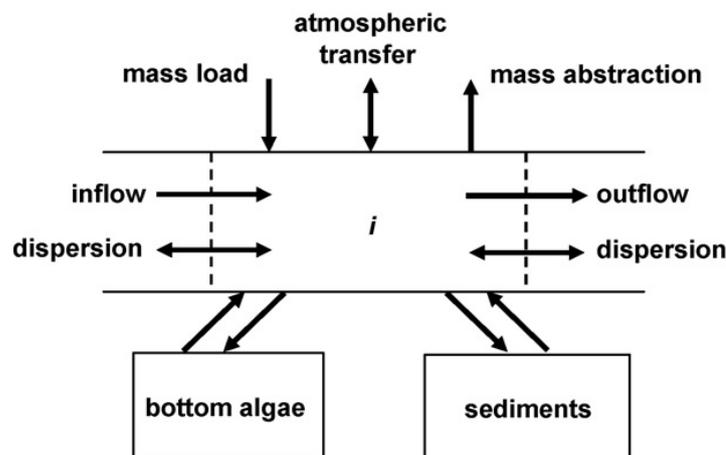
Metode Streeter-Phelps merupakan pemodelan sungai yang diperkenalkan oleh Streeter dan Phelps pada Tahun 1925 menggunakan persamaan kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*) di mana metode pengelolaan kualitas air ditentukan atas dasar defisit oksigen kritik D_c . Pemodelan Streeter dan Phelps hanya 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 (reaerasi) yang disebabkan turbulensi yang terjadi pada aliran sungai.

QUAL2Kw adalah model kualitas air yang merupakan versi terbaru dari model QUAL2E. Model ini dapat menyimulasikan migrasi dan transformasi berbagai konstituen termasuk oksigen terlarut, kebutuhan oksigen biokimia. Analisis menggunakan QUAL2Kw merupakan pemodelan dengan mengutamakan tidak hanya komponen kinetik pencemar namun juga memperhatikan hidrolis data berupa kecepatan dan debit aliran sungai (Triane and Suharyanto, 2015). Penentuan daya tampung beban pencemaran dengan QUAL2Kw lebih efisien karena dapat memodelkan kualitas air sungai dari hulu ke hilir, dapat menyimulasikan parameter dengan maksimal dan minimal sesuai dengan baku mutu yang berlaku untuk kualitas badan air (Putra *et al.*, 2017). QUAL2Kw adalah *open source*, yang hemat biaya dan keuntungan utamanya yaitu model ini dikemas sebagai *Excel Workbook* yang membuat model menjadi sederhana dan cepat karena tidak ada perangkat lunak khusus yang perlu dibeli dan tidak

ada instalasi yang diperlukan (Mustika and Sofyan, 2016). QUAL2Kw memiliki persamaan neraca massa untuk konsentrasi unsur (c_i) dari setiap segmen i sebagai berikut (Kannel *et al.*, 2007):

$$\frac{dc_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_i} c_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i} c_i - \frac{Q_{ab,i}}{V_i} c_i + \frac{E_{i-1}}{V_i} (c_{i-1} - c_i) + \frac{E_i}{V_i} (c_{i-1} - c_i) + \frac{W_i}{V_i} + S_i$$

Di mana Q_i =debit pada segmen i (L/hari), Q_{ab} = debit keluar pada segmen i (L/hari), V_i = volume segmen i (L), W_i = beban eksternal unsur untuk segmen i (mg/hari), S_i = penyerapan unsur karena reaksi dan mekanisme transfer massa (mg/L/hari), E_i = koefisien penyebaran antar segmen (L/hari), c_i = konsentrasi unsur dalam segmen i (mg/L) dan t = waktu (hari).



Gambar 3. Neraca massa dalam segmen i (Kannel *et al.*, 2007)

C. SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi dan personil yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan,

memperbaharui, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografi (Sastanti and Fibriani, 2019). SIG dapat mengelola data spasial dengan lokasi spasial dan mempelajari keterkaitan antara berbagai entitas spasial (Jia, 2019).

Menurut Wahana Komputer (2017), sebagian besar data yang akan ditangani dalam SIG merupakan data spasial, yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensi dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain. Pada data spasial terdapat informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (atribut) yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Informasi lokasi (spasial), data dengan suatu koordinat baik koordinat geografis (lintang dan bujur) maupun koordinat XYZ, termasuk di antaranya informasi datum dan proyeksi.
2. Informasi deskriptif (atribut) atau informasi non spasial adalah suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan dengannya. Sebagai contoh adalah jenis vegetasi, populasi, luasan dan sebagainya.

SIG adalah alat yang ampuh untuk menilai parameter kualitas air, menentukan ketersediaan air, memahami lingkungan alami dan mengelola sumber daya air (Rabei, 2018). Komarudin *et al.* (2015) dan Erliza *et al.* (2019) menggunakan SIG untuk mengidentifikasi sumber pencemar dan menganalisis potensi beban pencemar yang masuk ke sungai.

D. STRATEGI PENGELOLAAN SUNGAI

Strategi pengelolaan sungai merupakan pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengembangan wilayah sungai yang berkelanjutan sesuai dengan daya dukung dan daya tampung lingkungannya. Menurut Muta'ali (2015), pengambilan keputusan merupakan kegiatan yang pasti dilakukan dalam perencanaan pengembangan wilayah. Pengambilan keputusan mempunyai arti sebagai tindakan melakukan pilihan dari berbagai macam alternatif cara bertindak dengan metode yang efisien sesuai dengan situasi.

Berdasarkan teknik pengumpulan data atau fakta, teknik pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengembangan wilayah dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu teknik pengambilan keputusan yang sifatnya kualitatif maupun kuantitatif, salah satunya SWOT (*Strength, Weakness, Oppurtunity, Threath*).

Analisis SWOT adalah metode perencanaan strategis yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan (*strengths*), kelemahan (*weaknesses*), peluang (*oppurtunities*) dan ancaman (*threats*) dalam suatu kegiatan pembangunan atau suatu bisnis.

Asumsi dasar dari model ini adalah kondisi yang berpasangan antara S dan W, serta O dan T. Kondisi berpasangan ini terjadi karena diasumsikan bahwa dalam setiap kekuatan selalu ada kelemahan yang tersembunyi dan dari setiap kesempatan yang terbuka selalu ada ancaman

yang harus diwaspadai. Hasil perbandingan antara keduanya akan menentukan posisinya dalam kuadran SWOT.



Gambar 4. Strategi pengembangan berdasarkan kuadran SWOT (Muta'ali, 2015)

Hasil analisis pada kuadran SWOT memiliki interpretasi sebagai berikut:

1. Kuadran I (positif, positif), posisi ini menandakan sebuah objek kajian yang kuat dan berpeluang. Rekomendasi strategi yang diberikan adalah progresif (*growth oriented strategy*).
2. Kuadran II (positif, negatif), posisi ini menandakan sebuah objek kajian yang kuat namun menghadapi tantangan yang besar. Rekomendasi strategi yang diberikan adalah diversifikasi strategi.
3. Kuadran III (negatif, positif), posisi ini menandakan sebuah objek kajian yang lemah namun sangat berpeluang. Rekomendasi strategi yang diberikan adalah ubah strategi.

4. Kuadran IV (negatif, negatif), posisi ini menandakan sebuah objek kajian yang lemah dan menghadapi tantangan besar.

Rekomendasi strategi yang diberikan adalah strategi bertahan.

SWOT telah banyak digunakan dalam perencanaan dan pengembangan wilayah serta pengelolaan lingkungan, antara lain untuk merumuskan strategi pengelolaan sumber daya air untuk pariwisata (Sinulingga *et al.*, 2015), pengembangan kawasan industri yang sesuai dengan potensi dan sumber daya lokal (Pinem, 2016), untuk memberikan alternatif strategi ketersediaan air bersih di lokasi transmigrasi (Estika *et al.*, 2017) dan untuk merumuskan strategi pengendalian pencemaran air sungai (Mahyudin *et al.*, 2015).

E. KERANGKA KONSEPTUAL

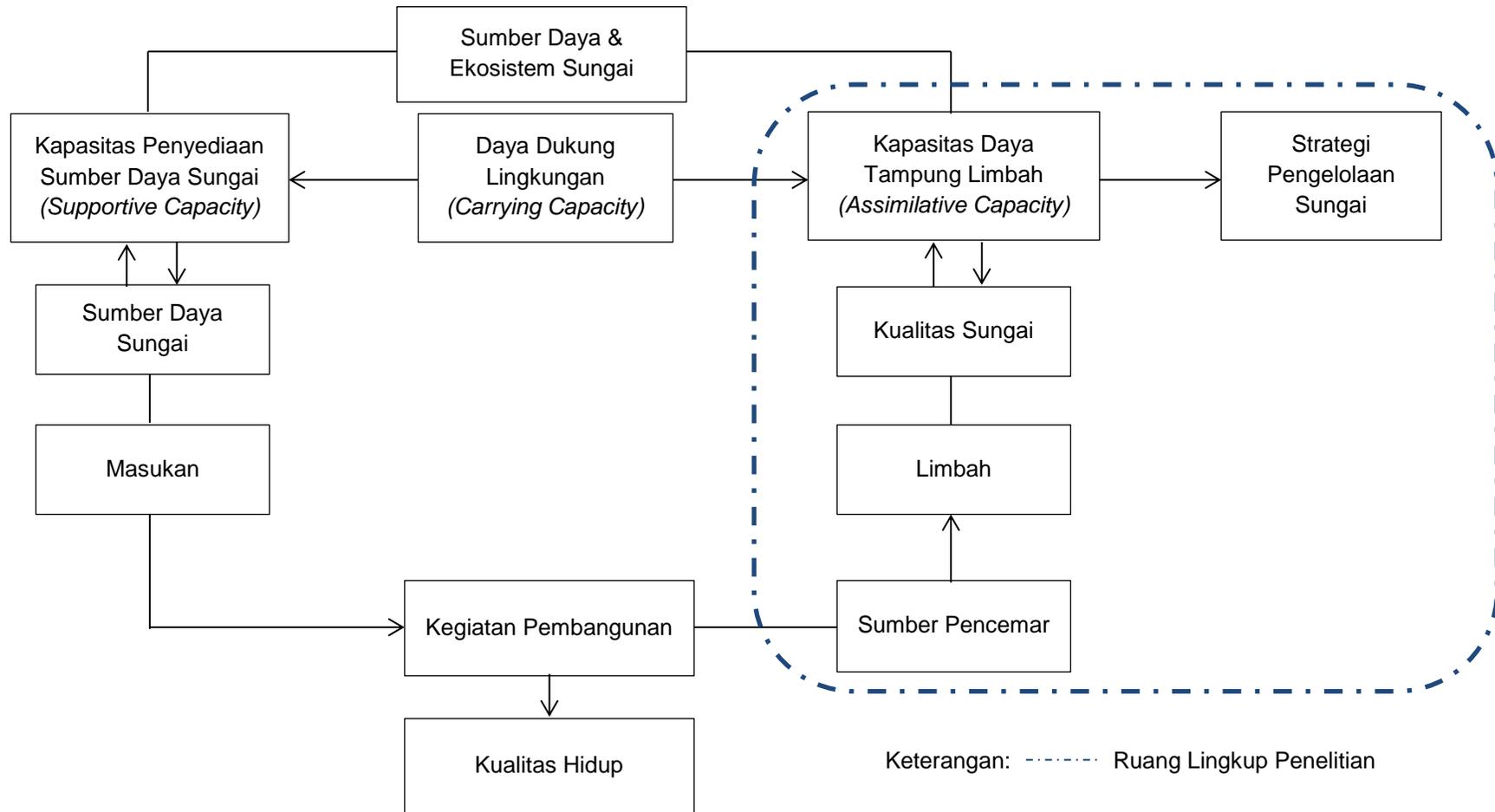
Daya dukung lingkungan tidak hanya berdasarkan pada tingkat pemanfaatan sumber daya alam namun juga pada intensitas dan beban buangan limbah ke lingkungan. Oleh karena itu, agar kegiatan pembangunan tidak menimbulkan dampak negatif, pemanfaatan sumber daya alam dan buangan limbah tersebut seharusnya dapat dikendalikan melalui perencanaan kegiatan pembangunan secara tepat berdasarkan daya dukung lingkungan.

Sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki banyak peran bagi pembangunan dan kehidupan masyarakat namun juga

banyak menerima masukan limbah dari kegiatan di sekitarnya, sehingga pemanfaatannya perlu memperhatikan daya dukung sungai tersebut.

Daya dukung sungai (*carrying capacity*) mencakup kapasitas penyediaan sumber daya (*supportive capacity*) dan kapasitas daya tampung limbah (*assimilative capacity*). Daya tampung sungai memberikan informasi jumlah beban pencemar maksimum yang diperbolehkan masuk ke sungai pada kondisi target kelas air tertentu.

Upaya pengendalian pencemaran air sungai dapat pula dilakukan dengan cara melakukan inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar. Sumber pencemar perlu diketahui keberadaannya baik secara lokasi maupun besarnya, sehingga daya tampung beban pencemaran sungai dapat dikelola dengan baik dan menyeluruh mencakup persoalan pada sumber pencemarnya atau dengan kata lain secara spasial yang kemudian menjadi dasar pengelolaan sumber daya air sungai.



Gambar 5. Kerangka konseptual