

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan sebuah proses yang terus berkembang seiring meningkatnya pembangunan (Jam dan Mosaffaie, 2023) berupa perencanaan dan penerapan program dalam rangka pemanfaatan sumberdaya di dalamnya (Asdak, 2014). Pengelolaan DAS membutuhkan solusi kolaboratif (Hassanzadeh *et al*, 2019; Pambudi, 2023) dalam berbagai bidang, baik pendidikan, perencanaan tata ruang dan infrastruktur (Pambudi, 2021). Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai menyatakan bahwa “Pengelolaan DAS adalah upaya manusia dalam mengatur hubungan timbal balik antara sumberdaya alam dengan manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya, agar terwujud kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia secara berkelanjutan.”

Pada dasarnya, DAS merupakan suatu wilayah berupa daerah tangkapan air (Asdak, 2014) berupa sungai dan anak sungainya yang terdiri dari bagian hulu, tengah dan hilir (Suprayogi, dkk. 2024). Berdasarkan debitnya sungai terbagi menjadi 3, yaitu Sungai Permanen yang debitnya relatif tetap sepanjang tahun, Sungai Musiman yang debitnya tinggi saat musim hujan dan rendah saat musim kemarau, serta Sungai Tadah Hujan yang debitnya hanya ada sesaat hujan turun (Mulyanto, 2018). Sungai di Indonesia memiliki karakteristik terjadi banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau yang disebabkan penurunan muka air bawah tanah (Daud dkk, 2022; Agoes, 2011).

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai, “sungai dapat memberikan manfaat kepada manusia dan alam. Manfaat tersebut disebut dengan fungsi sungai. Fungsi sungai untuk kehidupan manusia, yaitu berupa manfaat keberadaan sungai sebagai penyedia air dan wadah air untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, sanitasi lingkungan, pertanian, industri, pariwisata, olah raga, pertahanan, perikanan, pembangkit tenaga listrik,

transportasi, dan kebutuhan lainnya. Sedangkan fungsi sungai untuk kehidupan alam, yaitu berupa manfaat keberadaan sungai sebagai pemulih kualitas air, penyalur banjir, dan pembangkit utama ekosistem flora dan fauna.”

Aliran sungai dari hulu hingga ke hilir memerlukan pengelolaan yang komprehensif dan terintegrasi (Juwono dan Subagiyo, 2019). Agar fungsi sungai tetap berjalan dengan semestinya, maka diperlukan strategi pengelolaan DAS yang kolaboratif dan partisipatif (Danial dkk, 2020) dengan berfokus pada permasalahan kualitas air, masyarakat di sekitar DAS maupun *stakeholders* terkait (Ariyani dkk, 2020). Dengan demikian implementasi kebijakan dari strategi pengelolaan DAS tersebut dapat dilakukan dengan efektif dan efisien (Irawadi, 2023).

Strategi merupakan suatu perencanaan terperinci untuk mencapai tujuan tertentu dengan langkah-langkah yang sistematis berdasarkan evaluasi data yang berasal dari sebuah observasi (Ma'ruf, 2022). Menurut Marsono (2020), proses pembuatan kebijakan melibatkan penstrukturan masalah, penentuan solusi alternatif, penentuan nilai probabilitas acak, prioritas waktu, dan spesifikasi risiko. Dalam hal ini, Analisis SWOT adalah alat untuk mengembangkan strategi pengambilan kebijakan.

Menurut Wiswasta dkk. (2018), analisis SWOT merupakan teknik perencanaan dalam perancangan strategis dan pengembangan kebijakan yang digunakan untuk menilai kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman suatu kegiatan. Keempat unsur tersebut membentuk akronim SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*). Lebih lanjut menurut Salim dan Siswanto (2019), analisis SWOT merupakan analisis kekuatan dan kelemahan yang dilakukan melalui tinjauan terhadap kondisi internal suatu strategi dan analisis terhadap peluang dan ancaman yang dihadapi oleh strategi tersebut melalui peninjauan terhadap kondisi eksternal.

Komponen-komponen dalam SWOT dijelaskan sebagai berikut (Salim dan Siswanto, 2019):

1. Faktor Internal (*Internal Factors Analysis Summary* / IFAS)

- a. Kekuatan (S) merupakan kemampuan dan potensi dalam sebuah kegiatan sehingga dapat digunakan untuk membantu dalam pengembangan kebijakan.
- b. Kelemahan (W) merupakan keterbatasan dalam sebuah kegiatan sehingga dapat menghambat potensi yang dimiliki dalam upaya pengembangan kebijakan di sektor tersebut.

2. Faktor Eksternal (*External Factors Analysis Summary* / EFAS)

- a. Peluang (O) adalah kesempatan di masa depan yang dapat digunakan bagi optimasi kemampuan dalam sebuah kegiatan.
- b. Ancaman (T) adalah hambatan yang mengganggu terlaksananya sebuah kegiatan

Matriks hubungan antar faktor IFAS, yaitu kekuatan dan kelemahan dengan faktor EFAS, yaitu peluang dan ancaman dalam analisis SWOT disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Matriks hubungan antar faktor dalam analisis SWOT

IFAS \ EFAS	Kekuatan (S)	Kelemahan (W)
Peluang (O)	SO kekuatan digunakan untuk memanfaatkan peluang (strategi agresif)	WO kelemahan diatasi dengan memanfaatkan peluang (strategi <i>turnaround</i>)
Ancaman (T)	ST kekuatan digunakan untuk mengatasi ancaman (strategi diversifikasi)	WT yaitu strategi mengatasi kelemahan dengan meminimalisir ancaman yang ada (strategi defensif)

Sumber: Wiswasta, dkk. (2018)

Penyusunan strategi yang didasarkan pada analisis SWOT merupakan upaya untuk mengintegrasikan faktor pendukung (Ujianti dkk, 2021) dan mengeliminasi faktor penghambat dalam pengelolaan DAS (Arsana, 2012; Danial, 2021). Dalam tabel (2) terdapat delapan kotak yang menampilkan IFAS yang meliputi kekuatan dan kelemahan. Sementara kotak di sebelah kiri memuat faktor eksternal EFAS yakni peluang dan tantangan. Kotak di bagian tengah menyajikan

rumusan strategi yang menghubungkan faktor-faktor yang terdapat di IFAS dan EFAS. Kotak di tengah merupakan rumusan strategi yang dihasilkan dari pertemuan faktor-faktor yang ada di IFAS dan EFAS.

Analisis SWOT melibatkan penggunaan indikator-indikator yang mempengaruhi kualitas air sebagai dasar penilaian untuk mengidentifikasi IFAS dan EFAS dalam pengelolaan DAS seperti kondisi sungai, upaya pengendalian pencemaran, sikap dan perilaku masyarakat, serta peran pemerintah (Tyas 2007 dalam Purnomo, 2011). Menurut Irawadi (2023) dan Hutasuhut (2020), indikator yang mempengaruhi pengelolaan DAS adalah kebijakan; *monitoring*; pembiayaan; teknologi; masyarakat, ekonomi dan lingkungannya; dan koordinasi antar *stakeholders*. Selanjutnya, menurut Pohan (2017), pengelolaan DAS meliputi identifikasi kegiatan pencemar, pengujian parameter kualitas air, penetapan status mutu dan beban pencemaran, hingga perumusan strategi konservasi sungai. Secara lebih spesifik (Wiriani dkk, 2018) menyebutkan bahwa indikator yang berpengaruh dalam pengelolaan DAS adalah kesadaran dan pengetahuan masyarakat serta pengawasan dan pelatihan Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) dalam pengelolaan air limbah.

Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air menyebutkan beberapa indikator dalam pengelolaan DAS, antara lain inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar air; penetapan daya tampung beban pencemaran air; penetapan baku mutu air limbah; Penetapan kebijakan pengendalian pencemaran air; perizinan; pemantauan kualitas air; pembinaan dan pengawasan; dan penyediaan informasi. Penyusunan strategi pengelolaan DAS bergantung pada hasil penilaian terhadap 17 indikator, sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.

Tabel 4. Penentuan indikator analisis SWOT dalam pengelolaan DAS

Unsur	Indikator
Kondisi Sungai	1. Jenis dan tingkat pencemaran
Upaya Pengendalian Pencemaran Air	2. Monitoring kondisi sungai 3. Penentuan daya tampung sungai 4. Penetapan baku mutu lingkungan 5. Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah

Unsur	Indikator
	6. Inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar perairan
Sikap dan perilaku masyarakat	7. Pengelolaan limbah industri 8. Pembuangan limbah domestik 9. Pengelolaan limbah pertanian 10. Kesadaran dan kepatuhan masyarakat terhadap regulasi yang ada 11. Pengetahuan dalam pengelolaan limbah
Peran pemerintah	12. Perizinan pembuangan air limbah 13. Ketersediaan informasi 14. Penetapan kebijakan pengelolaan DAS 15. Pelatihan dan pengawasan masyarakat 16. Koordinasi antar lembaga terkait kegiatan pengelolaan DAS 17. Implementasi konsep partisipasi masyarakat dalam pelaksanaan kegiatan pengelolaan DAS

Sumber: Modifikasi dari Irawadi (2023), Hutasuht (2020), Tyas (2007) dalam Purnomo (2011), dan PermenLH 01/2010.

2.2 Kualitas Air Sungai sebagai Indikator Pengelolaan DAS

Kegiatan pengelolaan dan pengendalian pencemaran yang dilakukan pada suatu DAS harus memiliki sinergitas antar kegiatan yang terlibat (Hassanzadeh *et al*, 2019; Pambudi, 2021) sehingga memberikan manfaat baik secara ekonomi maupun mengurangi risiko terjadinya bencana (Widiatmono dkk, 2018). Oleh sebab itu, pemanfaatan DAS yang sedianya bertujuan untuk memenuhi kepentingan ekonomi harus dilakukan dengan batasan-batasan tertentu sehingga tidak membahayakan kelestarian lingkungan (Asdak, 2014). Hal ini dapat dilakukan dengan mengidentifikasi sumber pencemar, pengujian kadar bahan pencemar, jenis polutan, dan skala risiko pencemaran yang dapat ditimbulkan (Ginting, 2010).

Penerapan baku mutu lingkungan merupakan salah satu strategi pengendalian pencemaran air dengan mengakomodir perkembangan industri dan ekonomi (Hendrawan, 2005) yang berfungsi sebagai indikator pencemar air (Agustiningsih, 2012) sekaligus mencegah kerusakan lingkungan melalui partisipasi masyarakat sebagai instrumen pengawasan (Sita, 2020). Oleh karena itu, baku mutu dalam pengelolaan kualitas air dikenal dengan *stream standard* yang

mengatur batasan pencemar di sungai dan *effluent standard* yang mengatur batasan pencemar dalam air limbah (Hamdhani, *et al* 2020; Hendrawan 2005). Sebagai contoh, Indonesia memiliki Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI tentang Baku Mutu Air Sungai, Air Danau dan Air Laut sebagai *stream standard* dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah Batik Periode Peralihan sebagai *effluent standard* yang keduanya memasukkan warna sebagai bagian penting dari baku mutu lingkungan.

Air dianggap tercemar jika kualitas airnya mengalami penyimpangan dari keadaan alamnya (Utami, 2019; Bahtiar, 2007) sehingga pemanfaatannya tidak sesuai dengan kelas peruntukkannya (Wardhana, 2004). Sumber pencemaran air dapat dibagi menjadi dua yaitu *point source pollution* seperti limbah industri dan *non-point source pollution* seperti limbah pertanian dan pemukiman (Wiryono, 2013). Jenis pencemarannya pun terbagi menjadi dua, yaitu pencemar organik seperti limbah domestik pemukiman dan pencemar anorganik yang berasal dari limbah industri serta pestisida dari lahan pertanian (Agustiningsih, 2012). Dan sumber pencemar terbesar di perairan bukanlah limbah industri melainkan limbah domestik (Hoya, 2021).

Kualitas air merujuk pada tingkat kecocokan air untuk berbagai keperluan (Yuliasuti, 2011; Wiryono, 2013). Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, kelas air terbagi menjadi empat, yaitu kelas satu yang diperuntukkan untuk air minum, rekreasi, budidaya ikan, dan penyiraman tanaman; kelas dua yang diperuntukkan untuk rekreasi, budidaya ikan, dan penyiraman tanaman; kelas tiga untuk budidaya ikan, dan penyiraman tanaman; dan kelas empat yang hanya dapat digunakan sebagai media penyiraman tanaman.

Kualitas air dipengaruhi oleh karakteristik pemanfaatan lahan (Machairiyah, 2020). Semakin ke hilir, terjadi penurunan tutupan lahan yang berimbas pada kualitas air yang semakin menurun (Agustiningsih, 2012; Supangat, 2008). Hal ini sebagai akibat aktivitas manusia (Mediani dkk, 2019) yang

menghasilkan limbah dari lahan pertanian, pemukiman warga maupun limbah industri tekstil (Zahra, 2023; Asdak, 2014).

Penentuan kualitas air yang berasal dari ketiga jenis limbah tersebut dapat dilakukan menggunakan metode indeks pencemaran dan indeks kualitas air (Syeed *et al*, 2023). Kedua indeks tersebut dapat memberikan gambaran mengenai aktivitas manusia dan masuknya limbah ke dalam sebuah perairan (Pandit *et al*, 2022; Singh *et al*, 2023). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, penentuan status mutu pencemaran air dapat ditetapkan dengan menggunakan Indeks Pencemaran (IP). Meskipun secara konsep berbeda dengan Indeks Kualitas Air (*Water Quality Index/WQI*), IP dapat memberikan gambaran mengenai sumber pencemar yang mengakibatkan penurunan kualitas air (Rachmawati, 2020).

2.2.1 Parameter Kualitas Air

Kualitas air diukur dengan tiga parameter, yaitu fisika, kimia, dan biologi (Novita, 2020; Effendi, 2003). Parameter fisika dapat berupa warna, kekeruhan dan suhu air (Wardhana, 2004; Warlina, 2004; Effendi, 2003) parameter kimia berupa tingkat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD), dan kebutuhan oksigen kimiawi (COD) (Kusumanintyas, 2022; Anwariani, 2019, Effendi 2003) sedangkan parameter biologi dapat berupa *coliform* (Lutfiando, 2020; Marlina, 2012; Effendi, 2003) dan kandungan plankton (Fadilatin dkk, 2022; Permatasari, dkk. 2021). Dengan demikian diharapkan faktor-faktor penyebab penurunan kualitas air dapat ditentukan.

Nilai IP dapat dihitung menggunakan parameter pH, DO, BOD, COD, nitrat, amonia, posfat, klorida, *fecal coliform*, total padatan terlarut (TDS) dan total padatan tersuspensi (TSS), (Wang *et al*, 2021; Ramos-Pacheco *et al*, 2023; Singh *et al*, 2019; Singh *et al*, 2023). Dalam hal ini, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup menetapkan 8 parameter yang digunakan untuk menghitung nilai IP, yakni pH, BOD, COD, TSS, DO, nitrat, total fosfat, dan *fecal coliform*. Dari perhitungan nilai IP kemudian dapat ditentukan nilai Indeks Kualitas Air (IKA) yang merupakan nilai

komposit parameter kualitas air dalam suatu wilayah yang mewakili musim hujan dan musim kemarau.

Lain halnya dengan IP, Indeks pencemaran organik (*Organic Pollution Index/OPI*) dapat digunakan untuk menentukan tingkat polutan organik yang berasal dari *non-source pollution* dengan menggunakan parameter BOD₅, amonium, nitrit dan ortoposfat (Leclercq and Maquet, 1987; Mezbour *et al*, 2018; Abba *et al*, 2023). Sedangkan menurut Makki *et al* (2023), parameter amonium tidak berpengaruh terhadap pencemar organik dengan parameter nitrat menggantikan nitrit. Dengan pola yang berbeda, parameter COD, DO, amonium, nitrat, nitrit, dan posfat digunakan untuk menghitung OPI (Chen *et al*, 2016).

Parameter kualitas air tersebut digunakan dengan beberapa pertimbangan, misalnya BOD dan COD. Senyawa organik dalam perairan dapat meningkatkan nilai BOD (Aufar, 2019) sedangkan senyawa kimia anorganik dalam perairan dapat meningkatkan nilai COD di mana nilai COD selalu lebih tinggi dibanding BOD (Rahmantio dan Novembrianto, 2023). Menurut Papadopoulos *et al.*, (2001) dan Mangkoediharjo, (2010) dalam Tamyiz (2015), tingkat degradasi dalam suatu perairan dapat diketahui dengan perbandingan nilai BOD dan COD yang disebut dengan *Indeks Biodegradabilitas* (IB). Perbandingan tersebut dapat menjadi indikator yang menunjukkan dampak keluaran zat organik. Semakin tinggi nilai perbandingan tersebut, semakin tinggi tingkat biodegradabilitas suatu perairan (Pujiastuti, 2024).

Dalam hal ini, *fecal coliform* digunakan sebagai indikator karena memiliki hubungan erat dengan DO, BOD, dan COD (Nailah dkk, 2021) dan lebih menggambarkan kondisi masyarakat (Lutfiando, 2020; Marlana, 2012). Bakteri *Escherichia Coli*, merupakan jenis bakteri koliform yang sering dijadikan indikator tingkat pencemaran karena keberadaannya berkaitan dengan adanya bakteri patogen lainnya. Umumnya, bakteri ini berasal dari kotoran manusia dan hewan, sehingga disebut juga sebagai *Fecal Coliform*. Sementara bakteri yang berasal dari tumbuhan dan hewan yang mati disebut sebagai *Coliform non Fecal*. Kemampuan bakteri Fecal Coliform untuk mengfermentasi laktosa pada suhu 44,5° C dan

mendominasi sekitar 97% dalam tinja manusia dan hewan membedakannya dari bakteri *Coliform non Fecal* (Fardiaz, 1992; Effendi, 2003).

Tidak hanya *fecal coliform*, nilai BOD dan COD juga memiliki korelasi dengan nilai DO (Ginting, 2010). Ketika nilai BOD dan COD meningkat misalnya, maka nilai DO akan turun (Mishra *et al*, 2023) sehingga ada indikasi bahwa air tersebut tercemar (Wardhana, 2004). Penurunan tersebut disebabkan karena oksigen terlarut berfungsi sebagai reduktor zat pencemar dalam perairan (Salmin, 2005). Kemampuan tersebut merupakan kemampuan alami air untuk memulihkan dirinya sendiri (*self-purification*) dengan catatan bahwasanya tingkat pencemaran tidak melebihi kapasitas perairan tersebut (Arbie dkk, 2015; Ginting, 2010).

Menurut Pratiwi dkk. (2023), *self-purification* memiliki peran yang krusial dalam mengatasi polusi dan menjaga keseimbangan ekologis sungai. Hal ini bergantung pada tingginya konsentrasi senyawa organik dan kapasitas dekomposisi yang rendah di dalam air. Proses reaerasi dalam *self-purification* dipengaruhi oleh parameter fisika seperti suhu, konduktivitas, TDS dan TSS. Sementara itu, proses deoksigenasi dipengaruhi oleh faktor-faktor kimia seperti BOD dan COD. Kemudian proses *self-purification* juga bergantung pada aktivitas biologis oleh organisme di dalam sungai (Aaraasy dkk, 2017). Kedua faktor terakhir ini berkaitan erat dengan jumlah oksigen terlarut yang dipengaruhi oleh suhu, tekanan gas di atmosfer, kelarutannya dalam air, dan kandungan pencemar dalam air, seperti padatan terlarut dan padatan tersuspensi. (Fardiaz, 1992; Metcalf dan Eddy, 2003).

Self-purification merupakan proses dekomposisi bahan organik yang dipengaruhi oleh pH dan suhu perairan. Proses ini akan menghasilkan senyawa posfor, amonia dan nitrat dengan senyawa nitrit sebagai senyawa perantara (Wardhana, 2004; Fardiaz, 1992; Effendi, 2003). Senyawa posfor sendiri merupakan senyawa yang dihasilkan dari limbah pertanian, limbah domestik maupun limbah industri (Hildebrant *et al*, 2024). Dari lahan pertanian fosfor dapat berasal dari kandungan pupuk yang terbawa masuk ke dalam perairan. Sementara itu, fosfor dalam limbah domestik dapat berasal dari tinja penduduk dan sisa makanan sedangkan fosfor dari limbah industri dapat berasal dari kegiatan pencucian yang menggunakan deterjen (Irianti dkk, 2017).

Senyawa fosfor yang dihasilkan dari limbah yang masuk ke dalam perairan berkorelasi tinggi dengan kandungan amonia dalam perairan (Ge *et al*, 2023). Dengan meningkatnya bahan organik yang didekomposisi, maka jumlah amonia dalam perairan akan meningkat (Fardiaz, 1992). Salah satu contoh sumber pencemar amonia dalam perairan adalah tinja yang berasal dari limbah metabolisme dari organisme akuatik (Effendi, 2003).

Proses selanjutnya merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrat dan nitrit. Nitrat adalah hasil oksidasi lengkap senyawa nitrogen, sehingga menjadi salah satu sumber utama nitrogen di perairan bersama dengan amonia. Sedangkan nitrit adalah senyawa perantara dalam proses reaksi tersebut. Senyawa nitrit dapat menggambarkan besarnya kandungan senyawa nitrogen lain (Mezbour, 2018). Hal ini disebabkan senyawa nitrit yang tidak stabil dan mudah teroksidasi menjadi senyawa nitrat karena keberadaan oksigen terlarut dan mikroba dalam air. Nitrit berperan sebagai senyawa peralihan antara amonia dan nitrat, sementara dalam proses denitrifikasi (kondisi anaerob), nitrit menjadi senyawa peralihan antara nitrat dan gas nitrogen (Effendi, 2003; Metcalf dan Eddy, 2003).

Aktivitas mikroba dalam proses dekomposisi bahan organik dapat meningkat karena adanya kenaikan suhu (Fardiaz, 1992; Effendi, 2003). Selain itu, kenaikan suhu perairan juga dapat berakibat buruk pada kestabilan keberadaan plankton (Madusari, 2021; Fadilatin dkk, 2022) sehingga menyebabkan sungai tercemar berat hingga sedang (Permatasari, dkk. 2021). Plankton digunakan sebagai bioindikator dalam ekosistem perairan karena berkorelasi negatif dengan pencemar lain seperti, DO, COD, posfat dan amonia (Yongo *et al*, 2023).

Bioindikator merupakan sekumpulan organisme yang terkait dengan kondisi lingkungan, dan perubahan kualitas air dapat memengaruhi perilaku dan keberadaan organisme tersebut (Indrowati dkk., 2012). Bioindikator dapat mengindikasikan adanya hubungan antara faktor biotik dan abiotik dalam suatu lingkungan (Rosada dan Sunardi, 2021). Zooplankton yang berada di dasar piramida makanan dapat memberikan informasi penting untuk menganalisis kelimpahan sumber daya dan produktivitas primer perairan melalui Indeks Keanekaragaman Hayati (IKH) (Nangin dkk, 2015; Indrowati dkk., 2003).

Kemampuan zooplankton dalam melakukan fotosintesis bergantung pada kemampuan penetrasi cahaya masuk ke dalam perairan (Fardiaz, 1992). Hal ini terkait dengan warna dan kekeruhan dalam air. Kekeruhan air berkaitan erat dengan TSS. Semakin keruh suatu perairan, maka nilai padatan tersuspensi semakin tinggi. Kekeruhan di sungai biasanya disebabkan oleh aliran air hujan yang membawa lapisan permukaan tanah yang terkikis (Effendi, 2003).

Keberadaan bahan organik karena adanya plankton dan humus serta bahan anorganik (Wardhana 2004; Effendi 2003) seperti pewarna tekstil yang dapat menyebabkan warna kecokelatan atau kehitaman dalam perairan (Novianti dkk, 2021). Proses menghilangkan kekeruhan atau bahan tersuspensi lainnya dalam analisis warna digunakan untuk membedakannya dengan TSS. Oleh sebab itu, parameter warna dalam perairan disebut juga dengan warna sejati (*true color*) (APHA, 2017).

2.2.2 Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran

Hasil analisis parameter kualitas air dapat digunakan dalam penentuan daya tampung beban pencemaran (DTBP) (Lusiana dkk, 2020) setelah debit sungainya diketahui (Novita dkk, 2020). Dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air dijelaskan bahwa daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Penentuan daya tampung beban pencemaran dilakukan berdasarkan debit minimal pada tahun yang bersangkutan atau tahun sebelumnya. Penyusunan kebijakan dan strategi untuk pengelolaan dan pengendalian DAS dapat menggunakan hasil dari penetapan daya tampung beban pencemaran sebagai panduan (Afidah, 2021; Pramuswara, 2024).

Penentuan DTBP dapat dilakukan berdasarkan hasil perhitungan beban pencemaran menggunakan metode neraca massa (Pratama, 2022), yaitu dengan mengalikan antara konsentrasi pencemar dengan debit sungai (Pangastuti dkk, 2022; Novita dkk, 2020). Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup

Nomor 1 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, beban pencemaran air adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah. Beban pencemaran memiliki korelasi dengan banyaknya pencemar yang masuk ke dalam sungai akibat aktivitas manusia (Lusiana dkk, 2020)

Semakin tinggi beban pencemaran dalam suatu perairan, maka daya tampung perairan tersebut akan semakin kecil bahkan dapat bernilai negatif (Afidah, 2021). Penetapan DTBP diperlukan sebagai dasar dalam memberikan persetujuan teknis untuk usaha yang membuang limbah cairnya ke sungai, sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan. Regulasi ini menyatakan bahwa jika DTBP suatu perairan terlampaui, maka pelaku usaha diwajibkan untuk melakukan studi tentang pemanfaatan air limbah atau alternatif kompensasi lainnya untuk mengurangi pencemaran air pada sektor lain.

Beban pencemaran suatu perairan tergantung dengan baku mutu dan kelas sungai suatu perairan. Makin tinggi kelas sungai, maka jumlah pencemar yang bisa masuk ke dalam perairan semakin sedikit (Rachmawati, 2020). Dari hulu ke hilir, Sungai Kupang memiliki kelas yang berbeda sesuai dengan segmennya dari kelas II hingga kelas IV. Sesuai dengan lampiran VI Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya, hanya parameter TSS, BOD, COD dan Fecal Coliform yang memiliki baku mutu di ketiga kelas tersebut. Selain itu, keempat parameter tersebut sering melampaui DTBP (Firmansyah, 2021; Yanti, 2022; Marlena, 2012; Lutfiando; 2020). Dengan demikian, penentuan DTBP Sungai Kupang akan menggunakan keempat parameter tersebut.

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa parameter kualitas air yang dapat menjadi indikator penting dalam kajian ini adalah suhu, pH, DO, BOD, COD, fosfat, amonia, nitrat, nitrit, *fecal coliform*, TSS, warna dan plankton. Kajian parameter tersebut akan menggunakan metode IP, IKA, OPI, IB, IKH dan DTBP. Metode dalam kajian kualitas air selanjutnya disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Metode dalam kajian kualitas air

No.	Metode	Parameter Kualitas Air	Kegunaan
1.	Indeks Pencemaran (IP)	pH, TSS, DO, BOD, COD, fosfat, nitrat dan <i>fecal coliform</i>	Menentukan status pencemaran di setiap titik pemantauan kualitas air
2.	Indeks Kualitas Air	pH, TSS, DO, BOD, COD, fosfat, nitrat dan <i>fecal coliform</i>	Menentukan kualitas air sungai secara keseluruhan
3.	Indeks Pencemaran Organik (OPI)	BOD, amonium, ortoposfat dan nitrit.	Menentukan besarnya pencemaran akibat bahan organik di dalam perairan
4.	Indeks Biodegradabilitas (IB)	BOD dan COD	Menentukan tingkat degradasi bahan organik di dalam perairan
5.	Indeks Keanekaragaman Hayati (IKH)	Plankton	Menentukan kelimpahan produsen primer perairan terkait pencemaran perairan
6.	Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP)	TSS, BOD, COD, dan <i>fecal coliform</i>	Menentukan kemampuan sungai dalam menerima zat pencemar yang masuk ke perairan.

2.3 Peranan *Stakeholders* dalam Pengelolaan DAS untuk Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan

Dalam Peraturan Presiden Nomor 111 Tahun 2022 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan menyebutkan bahwa Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB)/*Sustainable Development Goals* (SDGs) adalah agenda pembangunan global untuk mengakhiri kemiskinan, meningkatkan kesejahteraan, dan melindungi planet, melalui pencapaian 17 (tujuh belas) tujuan

sampai Tahun 2030. Indonesia sebagai salah satu anggota PBB turut mendukung sasaran global dalam pencapaian TPB dengan menetapkan tujuan dan sasaran nasional.

Kementerian PPN/Bappenas sebagai koordinator pelaksanaan TPB di Indonesia telah menetapkan rencana aksi dan indikator metadata untuk mencapai TPB. Salah satu TPB yang berkaitan erat dengan pengelolaan DAS adalah TPB6 yaitu Menjamin Ketersediaan serta Pengelolaan Air Bersih dan Sanitasi yang Berkelanjutan untuk Semua Masyarakat. Tujuan, sasaran global dan indikator nasional dari TPB6 disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Indikator nasional TPB6 terkait pengelolaan DAS

No.	Sasaran Global	Indikator Nasional
1.	6.3 Pada tahun 2030, meningkatkan kualitas air dengan mengurangi polusi, menghilangkan pembuangan, dan meminimalkan pelepasan material dan bahan kimia berbahaya, mengurangi setengah proporsi air limbah yang tidak diolah, dan secara signifikan meningkatkan daur ulang, serta penggunaan kembali barang daur ulang yang aman secara global.	6.3.1. Proporsi limbah cair rumah tangga dan industri cair yang diolah secara aman. 6.3.1.(a) Persentase limbah cair industri yang dikelola secara aman. 6.3.2. Proporsi badan air dengan kualitas air ambien yang baik. 6.3.2.(a) Kualitas air permukaan sebagai air baku. Diukur dengan Indeks Kualitas Air (IKA) sebesar 55,5.
2.	6.5 Pada tahun 2030, menerapkan pengelolaan sumber daya air terpadu di semua tingkatan, termasuk melalui kerjasama lintas batas sesuai kepantasan	6.5.1 Tingkat pelaksanaan pengelolaan sumber daya air secara terpadu (0-100).

Sumber: Perpres 111/2022 dan Bappenas 2023

Pengelolaan DAS memerlukan data pemantauan kualitas air untuk memberikan gambaran permasalahan yang terjadi di lapangan (Solo, 2020; Behmel *et al*, 2018). Hasil pemantauan kualitas air yang telah dilakukan oleh instansi terkait dapat digunakan untuk perhitungan IKA dan IKLH (Pramaningsih, 2023). IKLH merupakan indeks kualitas lingkungan hidup daerah yang dihitung berdasarkan

IKA, IKU, IKTL dan/atau IKAL jika daerah tersebut memiliki laut (Iskandar dkk, 2021). IKA dan IKLH dapat memberikan gambaran masyarakat terkait kualitas lingkungan dan juga membantu pemerintah sebagai *stakeholder* untuk mengambil kebijakan pengelolaan lingkungan (Masyruroh dan Binyati, 2021).

Pada dasarnya, kebijakan pengelolaan DAS bertujuan untuk menciptakan lahan yang produktif untuk mewujudkan kesejahteraan masyarakat (Lestari dkk, 2021). Hal ini dapat diwujudkan dengan pengelolaan lahan pertanian yang berkelanjutan untuk mencegah erosi tanah (Fenta *et al*, 2023) dan kerusakan ekologi dengan menggunakan teknologi ramah lingkungan di bidang industri (Sudipa dkk, 2023). Selain itu, pengetahuan dan edukasi juga dapat berpengaruh terhadap partisipasi masyarakat dalam pengelolaan DAS (Derib *and* Alemayehu, 2024; Verbrugge *et al*, 2017).

Dalam pelaksanaannya, terdapat hambatan seperti minimnya tanggungjawab pengusaha terhadap limbah industri yang dihasilkan (Pramesti, 2023), adanya struktur sosial masyarakat dan rendahnya kesadaran masyarakat (Khiavi *et al*, 2024; Tamami, 2020). Kemudian Peran pemerintah sebagai pembuat dan pelaksana kebijakan juga lemah terhadap pengawasan industri dan UMKM (Yohannes dkk, 2019). Hal ini dapat disebabkan kurangnya anggaran dan SDM (Cikasimi dan Jumiaty, 2023). Hambatan dalam masyarakat dapat diatasi melalui edukasi dan kampanye penyadaran terhadap masyarakat (Marshall *and* Duram, 2017; Mujtaba, 2024). Sedangkan hambatan dari instansi pemerintah dapat dilakukan dengan peningkatan kuantitas dan kualitas SDM dalam perencanaan dan pengelolaan lingkungan (Subhi, 2012) serta penggunaan sistem *Online Monitoring* (ONLIMO) untuk pengawasan yang lebih efektif (Karsa, 2022).

Stakeholders perlu terlibat secara aktif dalam pengelolaan DAS (Bezerra *et al*, 2023). Pemerintah sebagai salah satu *stakeholder* dalam pengelolaan DAS memiliki peran penting dibandingkan dengan swasta dan masyarakat (Mulyawan dkk, 2022). Meskipun begitu, konflik kepentingan muncul antar instansi pemerintah dan daerah yang menangani pengelolaan DAS (Ramadhan, 2023; Soeprbowati, 2015). Hal ini menyebabkan sulitnya kesepahaman dalam

kolaborasi pengelolaan DAS dengan *stakeholders* yang lain (Lestari, 2022; Semu, 2018).

Pencapaian TPB6 dalam pengelolaan DAS merupakan sebuah tantangan dan diperlukan partisipasi dari *stakeholders* terkait baik dari pemerintah sebagai pembuat kebijakan, swasta, maupun masyarakat sekitar (Harmiati dkk, 2018). Perencanaan yang efisien dalam pengelolaan DAS dilakukan dengan menggabungkan perspektif multi-*stakeholder* sejak awal proses perencanaan (Patra *et al*, 2021). Kebijakan tersebut juga perlu memperhatikan permasalahan yang terjadi dan solusi terkait sehingga rekomendasi kebijakan yang dibuat tepat sasaran (Mujtaba *et al*, 2024).

Konservasi sumber daya air (Abidin dkk, 2020; Antara, 2021), keterlibatan masyarakat (Ikhlas *and* Ramadan, 2024; Danial, 2020; Sharma *and* Ji, 2024) dan infrastruktur pengendalian pencemaran seperti IPAL (Obaideen *et al*, 2022) merupakan faktor yang harus diperhatikan. Selain itu perlu adanya evaluasi terhadap kebijakan yang ada sebagai dasar pengelolaan DAS yang berkelanjutan (Irawadi, 2023). Dari penjabaran yang ada, dapat disimpulkan terkait faktor yang dapat mendukung dan menghambat serta strategi yang dapat dilakukan dalam pengelolaan DAS dalam Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Faktor pendorong dan penghambat serta strategi pengelolaan DAS

No.	Faktor Pendorong	Faktor Penghambat	Strategi
1.	Tersedianya data kualitas air sebagai alat untuk mengidentifikasi pencemaran di sungai	Kualitas air sungai yang terus menurun setiap tahunnya akibat limbah industri, domestik maupun pertanian	Melakukan sosialisasi terhadap pelaku usaha dan kampanye penyadaran terhadap masyarakat
2.	Terdapat aturan terkait baku mutu, baik <i>effluent standard</i> , maupun <i>stream standard</i>	Minimnya pengetahuan masyarakat terkait pengelolaan lingkungan	Ikut melibatkan masyarakat dalam pengawasan dan pengaduan pencemaran
3.	Terdapat aturan terkait perizinan berusaha dan pembuangan limbah ke sungai	Evaluasi kebijakan pengelolaan DAS yang sering terlambat	Melakukan evaluasi kebijakan pengelolaan secara simultan

No.	Faktor Pendorong	Faktor Penghambat	Strategi
4.	Adanya komunitas masyarakat yang memiliki perhatian terhadap pencemaran sungai	Kurangnya infrastruktur dalam pengendalian pencemaran sungai	Pembangunan IPAL dan penggunaan teknologi seperti ONLIMO untuk pengendalian pencemaran air
5.	Kesadaran masyarakat akan lingkungan mulai terbangun	Adanya konflik kepentingan antar <i>stakeholders</i> terkait	Menyatukan visi antar <i>stakeholders</i> dengan penyampaian tujuan besar pengelolaan DAS
6.	Tutupan lahan DAS di bagian hulu yang biasanya masih tinggi	Berkurangnya sumber-daya air yang menyebabkan berkurangnya debit air sungai di musim kemarau	
7.	Pemantauan kualitas air yang rutin yang dilakukan oleh instansi terkait	Kurangnya pengawasan dan pelibatan masyarakat	