

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai

Menurut Kementrian Kehutanan (2012), 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. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No.7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air, DAS didefinisikan sebagai 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. Sungai merupakan ekosistem yang sangat penting bagi manusia. Sungai juga menyediakan air bagi manusia baik untuk berbagai kegiatan seperti pertanian, industri maupun domestik (Sidabuntar et al., 2019).

Sungai juga merupakan sebagai salah satu elemen kehidupan manusia yang paling utama dan sarana transportasi, guna meningkatkan mobilitas dan komunikasi antar manusia. Sungai juga berhubungan erat dengan kehidupan sehari-hari manusia. Di daerah pegunungan, air digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik, sumber air irigasi, sumber air minum, kebutuhan industri dan lainnya. Sungai juga bermanfaat sebagai tempat rekreasi berbasis air sungai (bersampan, memancing, arung jeram, dan lain-lain), pariwisata dan kegiatan perikanan (Minggawati et al., 2020). Ruang-ruang sungai yang melintas areal pemukiman padat biasanya dipelihara dengan baik sebagai suatu bentuk ruang terbuka. Ruang-ruang sungai memiliki manfaat lingkungan yang tinggi, terutama dalam upaya mengendalikan kualitas lingkungan dan untuk areal rekreasi. Ruang-ruang sungai

juga digunakan sebagai saluran pembuangan air selokan kota dan air buangan dari areal pertanian (Fuady, 2013).

Berbagai kegiatan yang dapat dijumpai dalam pengembangan suatu DAS antara lain adalah kegiatan konstruksi, seperti pembangunan jalan, perluasan kota/daerah pemukiman, industri, pembangkit tenaga listrik, dam/waduk untuk irigasi atau hidrolistrik, kegiatan pengerukan, pembangunan kanal, transportasi/navigasi, pertambangan, pertanian, perikanan, peternakan, perkebunan, kehutanan maupun kegiatan lainnya (Benito et al., 2023). Suatu rencana pengembangan yang komprehensif dan terpadu diperlukan untuk menghindari atau mengurangi kemungkinan timbulnya masalah, benturan atau persaingan antar kegiatan dalam suatu DAS (Miarso, 2014).

2.2 Pencemaran Sungai

Di Indonesia banyak sungai yang telah mencapai taraf pencemaran yang merugikan, khususnya sungai-sungai yang alirannya melalui daerah perkotaan (daerah padat penduduk) dan wilayah perindustrian (Sahabuddin et al., 2014). Penyebab pencemaran sebenarnya berasal dari sisa-sisa benda yang dibuat, dipakai dan dibuang oleh manusia. Selain itu pencemaran juga berasal dari lolosnya sebagian/sisa bahan baku yang digunakan dalam proses suatu produksi (Christiana et al., 2020). Pencemaran meningkat bukan hanya disebabkan oleh meningkatnya pemakaian lahan oleh manusia, tetapi juga disebabkan oleh meningkatnya tuntutan hidup manusia dari tahun ke tahun (Pradana et al., 2019).

Pencemaran limbah akibat kegiatan di perkotaan mempunyai perbedaan dengan pencemaran yang terjadi di area pedesaan. Menurut Widiyanto et al (2015), beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan tersebut adalah:

1. Persentase lahan terbangun di perkotaan lebih besar daripada di pedesaan, sehingga aktivitas hidrologis di perkotaan juga lebih tinggi. Koefisien limpasan yang merupakan rasio antara volume limpasan dengan curah hujan, secara langsung proporsional dengan luas lahan terbangun.
2. Respon hidrologis area tangkapan hujan terhadap presipitasi lebih cepat dan waktu yang dibutuhkan untuk penyerapan air hujan cenderung menurun. Volume limpasan puncak di wilayah yang sudah terbangun cenderung

mengalami peningkatan sebesar dua hingga lima kali dibandingkan dengan sebelum ada pembangunan. Hal ini menyebabkan meningkatkannya kasus banjir.

3. Urbanisasi mengakibatkan penurunan tinggi muka air tanah. Penurunan muka air tanah disebabkan adanya pembangunan saluran-saluran limbah yang menyebabkan terjadinya infiltrasi limbah dan pembangunan drainase yang lebih rendah dari tanah.

Pembuangan limbah industri dan domestik ke badan air merupakan penyebab terbesar pencemaran air. Ekosistem dalam badan air mempunyai kapasitas pemurnian tertentu. Dalam aliran yang alamiah terjadi siklus yang seimbang antara kehidupan flora dan fauna air. Pencemaran akibat pembuangan limbah industri maupun limbah domestik akan mengganggu sistem yang ada. Air mempunyai kemampuan untuk memurnikan dirinya sendiri secara biologis selama beban pencemar yang diterimanya tidak melebihi batas (Hasibuan, 2016). Kegiatan pertanian baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi kualitas perairan, terutama dengan adanya penggunaan pupuk dan pestisida (Pagoray et al., 2021). Lahan yang belum terbangun juga mempunyai kontribusi menghasilkan beban pencemaran limbah melalui limpasan air hujan yang membawa sedimen ke air permukaan. Oleh karena itu lahan tidak terbangun juga merupakan sumber pencemar non point source (Guntur et al., 2017).

2.3 Sumber Pencemar

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran air didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Pencemaran lingkungan merupakan masalah global yang kompleks dan multifaset, disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia yang menghasilkan berbagai jenis polutan (Larasati et al., 2021). Pencemar dapat berasal dari berbagai sumber, yang secara umum dikategorikan sebagai titik sumber dan non-titik sumber. Memahami sumber

pencemar adalah langkah penting untuk mengembangkan strategi efektif dalam mengendalikan dan mengurangi dampak pencemaran.

Pencemaran lingkungan merupakan masalah yang kompleks dan beragam, disebabkan oleh berbagai sumber yang dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama: titik sumber dan non-titik sumber (Pratiwi dan Lanskap, 2019). Titik sumber pencemaran adalah sumber yang dapat diidentifikasi secara spesifik dan terbatas pada lokasi tertentu, seperti pembuangan limbah dari pabrik atau instalasi pengolahan air limbah. Limbah industri sering kali mengandung bahan kimia beracun yang dapat mencemari air, udara, dan tanah, sementara instalasi pengolahan air limbah yang tidak berfungsi dengan baik dapat menyebabkan pencemaran signifikan. Emisi dari kendaraan bermotor juga merupakan titik sumber utama pencemaran udara di perkotaan, yang mengandung zat-zat berbahaya seperti karbon monoksida, nitrogen oksida, dan partikel halus (Harahap et al., 2020). Non-Point Source adalah sumber yang tersebar luas dan sulit diidentifikasi, sering kali berasal dari aktivitas pertanian, limpasan permukaan, dan perubahan penggunaan lahan. Pertanian, misalnya, menggunakan pupuk dan pestisida yang dapat mengalir ke sungai dan danau melalui aliran air hujan, membawa zat-zat kimia ini dan menyebabkan pencemaran air. Limpasan permukaan dari hujan dapat membawa berbagai polutan seperti minyak, logam berat, dan bahan kimia dari jalan, area industri, dan kawasan perkotaan ke badan air. Selain itu, perubahan penggunaan lahan seperti urbanisasi dan deforestasi meningkatkan erosi tanah dan sedimentasi di badan air, yang mengganggu ekosistem akuatik dan kualitas air (Pratiwi et al., 2019).

Dampak dari pencemaran oleh berbagai sumber ini sangat signifikan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Paparan polutan udara seperti partikel halus dan nitrogen oksida dapat menyebabkan penyakit pernapasan dan kardiovaskular, sedangkan air yang tercemar dapat menyebabkan penyakit seperti diare, kolera, dan infeksi kulit. Ekosistem juga sangat terpengaruh; pencemaran air dengan nutrisi berlebih dari pupuk pertanian dapat menyebabkan eutrofikasi, yang berdampak negatif pada ekosistem akuatik (Wulandari et al., 2020). Polutan organik dan anorganik dari limbah industri dapat meracuni organisme akuatik dan mengganggu rantai makanan, mengancam keberlanjutan ekosistem tersebut. Penanggulangan

pencemaran lingkungan memerlukan pendekatan terpadu yang melibatkan berbagai pihak, termasuk pemerintah, industri, dan masyarakat. Penerapan regulasi yang ketat dan penegakan hukum yang efektif sangat penting untuk mengendalikan sumber pencemar, terutama dari industri dan kendaraan bermotor. Pengembangan dan penerapan teknologi pengolahan limbah yang efisien juga dapat mengurangi jumlah polutan yang dibuang ke lingkungan. Selain itu, meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga lingkungan melalui program edukasi dan kampanye kesadaran publik sangat penting untuk mengurangi kontribusi dari non-titik sumber. Dengan pendekatan yang komprehensif dan partisipatif, dampak pencemaran lingkungan dapat diminimalkan, menjaga kesehatan manusia dan keberlanjutan ekosistem (Marganingrum et al., 2013).

2.4 Kualitas Air dan Status Mutu Air

Kualitas perairan merupakan tingkat kesesuaian air terhadap penggunaan tertentu dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia, mulai dari air untuk memenuhi kebutuhan langsung yaitu air minum, mandi dan cuci, air irigasi atau pertanian, peternakan, rekreasi dan transportasi (Hermawan dan Wardhani, 2021). Kualitas perairan yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran air mencakup tiga karakteristik yaitu: 1. Sifat-sifat fisik air, seperti suhu, daya hantar listrik, kekeruhan, konsentrasi padatan terlarut dan tersuspensi. 2. Sifat-sifat kimia air, seperti nilai pH, oksigen terlarut, BOD, COD, minyak dan lemak, logam berat dan bahan pencemar lainnya. 3. Sifat-sifat biologis air, seperti adanya bakteri *Escherichia coli* yang merupakan salah satu indikator yang menunjukkan pencemaran air (Masykur et al., 2018).

Kualitas air dapat dinilai melalui beberapa standar tergantung dengan penggunaan air pada tujuan tertentu. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup membagi kelas air pada empat kelas yang bergantung pada peruntukannya. Kelas air tersebut didasarkan pada faktor-faktor yang keberadaannya mempengaruhi kualitas air. Kualitas air sungai yang buruk tidak akan dapat digunakan untuk mendukung kegiatan perkotaan, baik sebagai sumber air minum bagi masyarakat kota maupun sumber air bersih untuk keperluan lainnya,

seperti air proses industri (Marlina et al., 2017). Berdasarkan Lampiran VI Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Baku Mutu Sungai dan sejenisnya diklasifikasikan ke dalam empat kelas, yaitu :

1. Kelas I yaitu air yang dapat digunakan untuk air baku, air minum, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas II yaitu air yang dapat digunakan untuk prasarana / sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas III yaitu air yang dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas IV yaitu air yang dapat digunakan untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 2.1 Kriteria Mutu Air

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
Temperatur	°C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
Residu terlarut	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000	Tidak berlaku untuk muara
Residu tersuspensi	mg/L	40	50	100	400	
Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	5-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	40	80	
DO	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
Sulfat (SO_4^{2-})	mg/L	300	300	300	400	
Klorida (Cl^-)	mg/L	300	300	300	600	
Total fosfat sebagai P	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	
NO_3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NO_2 sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	
Amoniak sebagai N	mg/L	0,1	0,2	0,5	-	
Fluorida (F)	mg/L	1	1,5	1,5	-	
Belerang sebagai H_2S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
Sianida(CN)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	-	-	-	
Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	
Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
Kromium heksavalen (Cr-VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
Deterjen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-	
Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02	
Aldrin/Dieldrin	µg/L	17	-	-	-	
BHC	µg/L	210	210	210	-	
Chlordane	µg/L	3	-	-	-	
DDT	µg/L	2	2	2	2	
Endrin	µg/L	1	4	4	-	
Heptachlor	µg/L	18	-	-	-	
Lindane	µg/L	56	-	-	-	
Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-	
Toxapan	µg/L	5	-	-	-	
Fecal Coliform	MPN/100mL	100	1.000	2.000	2.000	
Total Coliform	MPN/100mL	1.000	5.000	10.000	10.000	
Sampah Radioaktivitas		nihil	nihil	nihil	nihil	
Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

Sumber: Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021 tentang Indeks Lingkungan Hidup, Indeks Kualitas Air (IKA) adalah suatu nilai yang menggambarkan kondisi kualitas air yang merupakan nilai komposit parameter kualitas air dalam suatu wilayah pada waktu tertentu. Dalam menghitung IKA parameter yang diukur meliputi: (1) derajat keasaman (pH), (2) oksigen terlarut (DO), (3) kebutuhan oksigen biologi (BOD), (4) kebutuhan oksigen kimiawi (COD), (5) padatan tersuspensi total (TSS), nitrat (NO₃-N), (6) total fosfat (T-Phosphat) dan fecal coliform. Status mutu air sungai dapat dihitung menggunakan beberapa metode. Metode yang sering digunakan ialah Metode Indeks Pencemar, dan Metode Storet. Indeks pencemaran (pollution index) digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan (Nemerow 1974). Indeks Pencemaran (IP) ditentukan untuk suatu peruntukan, kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sungai. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas

Lingkungan Hidup Indeks Pencemaran adalah angka yang digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan, jika L_{ij} menyatakan konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Peruntukan Air (j), dan C_i menyatakan konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis cuplikan air pada suatu lokasi pengambilan cuplikan dari suatu alur sungai, maka PI_j adalah Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari C_i/L_{ij} . Metode ini dapat langsung menghubungkan tingkat ketercemaran dengan dapat atau tidaknya sungai dipakai untuk penggunaan tertentu dan dengan nilai parameter-parameter tertentu.

2.4.1 Suhu

Menurut Dede et al (2019), suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu juga sangat berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu yang disukai bagi pertumbuhannya. Maulianawati et al (2018) menyatakan bahwa peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misalnya gas O_2 , CO_2 , N_2 , CH_4 , dan sebagainya. Sedangkan menurut Yolanda et al (2023) temperatur berpengaruh pada kimia air, dimana laju kimia air akan meningkat apabila di suhu yang lebih tinggi, lalu suhu tinggi juga dapat melarutkan lebih banyak mineral yang terkandung pada bebatuan.

2.4.2 pH

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH berkisar antara 6,5 – 7,5. Air dapat bersifat asam atau basa, tergantung pada besar kecilnya pH air atau besarnya konsentrasi ion Hidrogen di dalam air. Air yang mempunyai pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH lebih besar dari normal akan bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan mengubah pH air yang

pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Derajat keasaman (pH) memberikan petunjuk mengenai keseimbangan asam dan basa perairan. Nilai pH normal berkisar antara 6-9. Apabila pH dibawah 6, berarti kualitas air bersifat terlalu asam dan apabila pH perairan di atas 9, berarti limbah tersebut bersifat terlalu basa.

2.4.3 Kekeruhan

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air (Nurmalita dan Syukri, 2013). Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain (Rinawati et al., 2022). Kekeruhan adalah suatu keadaan dimana transparansi suatu zat cair berkurang akibat kehadiran zat-zat lainnya. Kehadiran zat-zat yang dimaksud terlarut dalam zat cair dan membuatnya seperti berkabut atau tidak jernih (Anggeraeni et al., 2020). Kekeruhan menyebabkan menurunnya transparansi air dimana arah jalan cahaya yang ditransmisikan akan mengalami perubahan saat cahaya mengenai partikel pada kolom air (Noraida, 2018).

2.4.4 Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen adalah salah satu unsur kimia yang sangat penting sebagai penunjang utama kehidupan berbagai organisme. Oksigen dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi zat an-organik oleh mikro organisme. Oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi udara dan hasil fotosintesis organisme berklorofil yang hidup dalam suatu perairan dan dibutuhkan oleh organisme untuk mengoksidasi zat hara yang masuk ke dalam tubuhnya (Ahmad et al., 2015). Pengukuran tingkat kualitas air dilihat dari oksigen terlarut (Dissolved Oxygen). Semakin tinggi kandungan Dissolved Oxygen (DO) semakin bagus kualitas air tersebut (Ismail et al., 2016). Pada lapisan permukaan, selain melalui proses fotosintesis, tingginya konsentrasi oksigen pada lapisan ini juga disuplai oleh kelarutan oksigen dari atmosfer melalui proses difusi (Nithyanandam

et al., 2015). Pada lapisan yang lebih dalam kandungan oksigen terlarut disuplai melalui penenggelaman massa air dimana membawa kandungan oksigen yang tinggi dari permukaan atau lapisan di atasnya (Aruan et al., 2017). Kandungan oksigen pada lapisan ini akan tetap rendah karena oksigen pada lapisan ini digunakan untuk menguraikan bahan organik dan detritus yang terdekomposisi dari lapisan permukaan (Zaideen et al., 2017). Kadar oksigen terlarut dalam air sungai dipengaruhi oleh suhu air, tekanan atmosfer, kandungan garam terlarut, serta aktivitas biologi (Indrawati et al., 2010).

2.4.5 Padatan Tersuspensi

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen, semisal tanah liat, bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme dan sebagainya (Wisha et al., 2016). Total suspended solid (TSS) sebenarnya mengacu pada massa padatan kering yang ter saring di atas kertas filter yang memiliki pori sebesar 0.45 μm . Total padatan tersuspensi mengandung material organik maupun anorganik (Rahayu et al., 2018). Menurut Bahagia et al (2020) total suspended solid (TSS) merupakan material tersuspensi dengan diameter lebih besar dari 1 μm yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter pori 0.45 μm . Pada umumnya TSS terdiri dari lumpur, pasir halus dan jasad renik yang sebagian besar disebabkan karena pengikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa kedalam air. Nilai TSS yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air sehingga mengakibatkan terganggunya penangkapan sinyal dari satelit.

2.4.6 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Menurut Nugraha dan Cahyorini (2007) BOD merupakan suatu karakteristik yang menunjukan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. Ditegaskan kembali oleh Ashar et al (2020), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi

(readily decomposable organik matter). Menurut Lusiana et al (2020) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyarakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan (Bastidas et al., 2017). Nilai dari BOD mengindikasikan polusi yang dihasilkan dari zat organik yang dapat di biodegradasi dari berbagai sumber (Naillah et al 2021).

2.4.7 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD merupakan salah satu parameter kunci untuk pendeteksian tingkat pencemaran air. Semakin tinggi COD, semakin buruk kualitas air yang ada COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara ilmiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Behmel et al., 2016). Dalam definisi lain *chemical oxygen demand* (COD) merupakan parameter pencemaran air oleh senyawa organik yang secara ilmiah dapat teroksidasi melalui proses mikrobiologis dengan adanya oksigen dalam air, sehingga menyebabkan berkurangnya ketersediaan oksigen terlarut dalam air. Dengan melihat angka COD, maka akan diketahui tingkat pencemaran yang terdapat pada limbah cair. Untuk itu perlu suatu penelitian untuk membantu lingkungan menurunkan kadar COD (Saily et al., 2019). Konsentrasi COD yang tinggi mengindikasikan semakin besar tingkat pencemaran yang terjadi pada suatu perairan (Arle et al., 2016). Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/liter (Mahyudin et al., 2015). Menurut Pohan et al (2016), COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Menurut Djoharam et al (2018) *chemical oxygen demand* (COD) merupakan jumlahnya oksigen yang dikonsumsi oleh senyawa organik maupun anorganik yang teroksidasi di dalam air.

2.4.8 Koliform

Keberadaan bakteri koliform feces dalam lingkungan air menunjukkan bahwa air telah terkontaminasi dengan feces manusia atau hewan berdarah panas yang mengandung bakteri atau virus patogen. Sebagian besar patogen-patogen saluran pencernaan penyebab berbagai wabah penyakit enterik tersebut, tergolong famili *Enterobacteriaceae*. Di antara banyak mikroorganisme asal feces yang menyebabkan wabah penyakit dari tular air adalah *Salmonella typhi* (demam tifus), *Shigella spp.* (shigellosis), *Salmonella paratyphi* (salmonellosis), *Vibrio cholerae* (kolera), *Camphylobacter jejuni* (disentri) dan *Escherechia coli patogenik* (diare). Selain itu adalah virus seperti virus hepatitis A (infeksi hepatitis), virus polio (poliomelitus), dan protozoa seperti *Entamoeba histilotyca* (disentri amuba) dan Giardia.

Koliform didefinisikan sebagai kelompok bakteri Gram-negatif, berbentuk batang, oksidase-negatif, aerob sampai anaerob fakultatif, tidak membentuk spora, mampu tumbuh secara aerobik pada media agar yang mengandung garam empedu, dan mampu memfermentasikan laktosa dengan membentuk gas dan asam dalam waktu 48 jam pada suhu 37°C. Jumlah koliform yang diperoleh dari inkubasi pada suhu 37°C tersebut biasanya dinyatakan sebagai total koliform. Sementara koliform fekal merupakan bagian dari koliform total dan dipresentasikan oleh total bakteri koliform toleran panas yang mampu tumbuh pada suhu $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ dengan memfermentasikan laktosa dan memproduksi asam dan gas (Lynch & Poole, 1979).

2.5 Laboratorium Lingkungan

Dalam menghadapi pencemaran lingkungan hidup, laboratorium lingkungan memiliki peranan penting dalam penyediaan data yang valid dan dapat diandalkan. Ketersediaan data tersebut dapat diperoleh dari laboratorium lingkungan yang kompeten. Data pengujian parameter kualitas lingkungan yang dihasilkan oleh laboratorium lingkungan yang kompeten memiliki akuntabilitas secara hukum dan ilmiah sehingga dapat digunakan untuk dasar kebijakan berkaitan dengan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup sebagaimana diamanahkan oleh Undang-Undang Republik Indonesia No. 32 Tahun 2009. Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan

untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum.

Pada tahun 2020, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menerbitkan regulasi terbaru berkaitan dengan laboratorium lingkungan yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 23 Tahun 2020 tentang Laboratorium Lingkungan (Permen LHK 23/2020). Peraturan tersebut mencabut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 06 Tahun 2009 tentang Laboratorium Lingkungan. Dalam peraturan terbaru, Laboratorium Lingkungan adalah laboratorium yang mempunyai sertifikat akreditasi laboratorium pengujian parameter kualitas lingkungan dan pengambilan contoh uji sesuai peraturan serta mempunyai identitas registrasi yang memiliki fungsi mendukung pengelolaan lingkungan hidup. Laboratorium Lingkungan adalah tempat yang melakukan pengujian terhadap berbagai parameter kualitas lingkungan, seperti: Kualitas air, Kualitas udara, Kualitas tanah, Kualitas limbah, dan Kualitas emisi. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran lingkungan dan memastikan kepatuhan terhadap peraturan lingkungan yang berlaku.

Tujuan utama Laboratorium Lingkungan adalah untuk menjamin akuntabilitas jasa pengujian parameter kualitas lingkungan bagi penyedia dan pengguna jasa serta meningkatkan mutu dan standar pelayanan Laboratorium Lingkungan. Kemudian Laboratorium Lingkungan memiliki beberapa manfaat, di antaranya: Memberikan data yang akurat tentang kualitas lingkungan, Membantu dalam pengambilan keputusan untuk pengelolaan lingkungan, Meningkatkan kepatuhan terhadap peraturan lingkungan, Mencegah dan mengendalikan pencemaran lingkungan, dan Meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Laboratorium Lingkungan memiliki peran penting bagi pemerintah daerah dalam upaya pelestarian lingkungan dan pembangunan berkelanjutan. Berikut beberapa poin pentingnya:

1. Pemantauan Kualitas Lingkungan:

Laboratorium Lingkungan menyediakan data kualitas air, udara, tanah, dan limbah yang akurat dan terpercaya. Data ini penting untuk memantau kondisi

lingkungan dan mengidentifikasi pencemaran. Pemantauan ini membantu pemerintah daerah dalam mengambil kebijakan yang tepat untuk mengendalikan pencemaran dan meningkatkan kualitas lingkungan.

2. Penegakan Hukum Lingkungan:

Hasil pengujian Laboratorium Lingkungan dapat menjadi bukti dalam penegakan hukum lingkungan. Hal ini membantu pemerintah daerah dalam menindak tegas pihak-pihak yang mencemari lingkungan. Penegakan hukum yang tegas dapat menciptakan efek jera dan mencegah terjadinya pencemaran lingkungan di masa depan.

3. Perizinan Usaha dan Kegiatan:

Laboratorium Lingkungan dapat membantu pemerintah daerah dalam mempertimbangkan kelayakan suatu usaha atau kegiatan sebelum memberikan izin. Penilaian kelayakan ini dilakukan dengan melihat hasil pengujian dampak lingkungan dari usaha atau kegiatan tersebut. Dengan demikian, pemerintah daerah dapat mencegah usaha atau kegiatan yang berpotensi mencemari lingkungan.

4. Penyusunan Kebijakan Lingkungan:

Data dari Laboratorium Lingkungan dapat menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan lingkungan yang efektif. Kebijakan yang dibuat berdasarkan data yang akurat dapat menargetkan permasalahan lingkungan dengan tepat dan menghasilkan solusi yang efektif.

5. Meningkatkan Kesadaran Masyarakat:

Pemerintah daerah dapat memanfaatkan data Laboratorium Lingkungan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang kualitas lingkungan di wilayahnya. Hal ini dapat dilakukan melalui kampanye edukasi dan penyebaran informasi kepada masyarakat. Masyarakat yang sadar akan pentingnya menjaga lingkungan akan lebih proaktif dalam menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan.

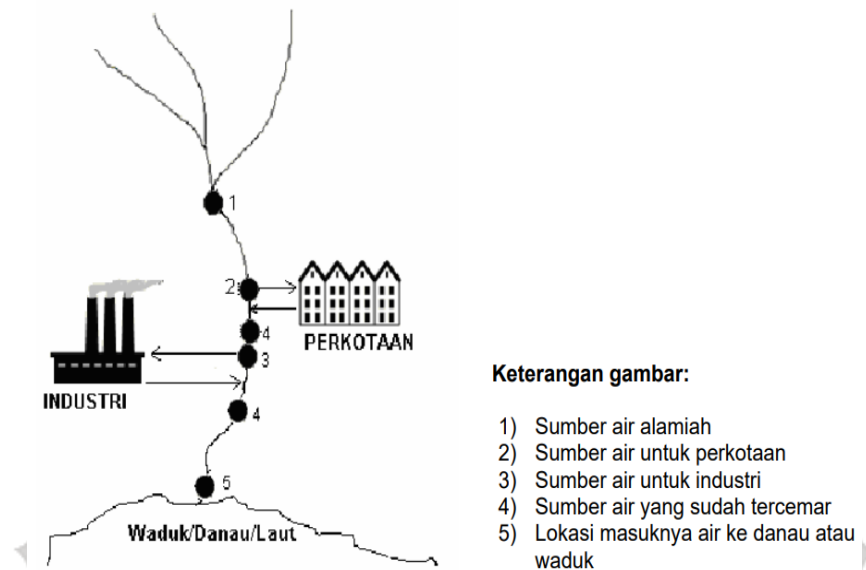
2.6 Tata Kelola Kegiatan Pemantauan Kualitas Air

Menurut Undang-undang Nomor 32 tahun 2009 yang mengatur tentang mengatur tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, pemantauan kualitas air berfungsi untuk memberikan informasi faktual tentang kondisi (status) kualitas air masa sekarang, kecenderungan masa lalu dan prediksi perubahan lingkungan masa depan. Tata kelola kegiatan pemantauan kualitas air sungai merupakan serangkaian langkah yang terstruktur untuk memastikan bahwa kualitas air sungai tetap terjaga dan aman bagi lingkungan dan Masyarakat . Berikut adalah beberapa langkah penting dalam tata kelola tersebut:

1. **Penetapan Tujuan dan Sasaran:** Mengidentifikasi tujuan spesifik pemantauan kualitas air, seperti mengurangi polusi, menjaga ekosistem, atau memastikan pasokan air bersih bagi masyarakat.
2. **Perencanaan dan Desain Program:** Menentukan parameter kualitas air yang akan diukur (seperti pH, kadar oksigen, kandungan logam berat), frekuensi pemantauan, dan lokasi titik-titik pengambilan sampel di sepanjang sungai.
3. **Pengadaan Peralatan dan Bahan:** Memastikan ketersediaan peralatan laboratorium, perangkat lapangan, dan bahan kimia yang diperlukan untuk analisis kualitas air.
4. **Pelatihan Sumber Daya Manusia:** Memberikan pelatihan kepada tim pemantau mengenai teknik pengambilan sampel, analisis data, dan penggunaan peralatan laboratorium.

5. **Pengambilan Sampel dan Analisis:** Melaksanakan pengambilan sampel air secara berkala dan melakukan analisis di laboratorium untuk mengevaluasi parameter kualitas air yang telah ditetapkan.
6. **Pengumpulan dan Pengolahan Data:** Mencatat hasil pengukuran secara sistematis dan menyimpannya dalam basis data untuk analisis lebih lanjut.
7. **Pelaporan dan Komunikasi:** Menyusun laporan yang mencakup hasil analisis kualitas air, interpretasi data, dan rekomendasi tindakan perbaikan. Laporan ini kemudian disampaikan kepada pihak berwenang, masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya.
8. **Evaluasi dan Tindak Lanjut:** Mengevaluasi efektivitas program pemantauan kualitas air dan melakukan penyesuaian jika diperlukan. Tindak lanjut dapat meliputi tindakan perbaikan, penegakan hukum, atau program edukasi untuk masyarakat.
9. **Kolaborasi dan Kemitraan:** Bekerja sama dengan berbagai pihak, seperti pemerintah, LSM, akademisi, dan masyarakat, untuk memastikan keberhasilan dan keberlanjutan program pemantauan kualitas air

Penelitian ini berfokus pada penggambaran atau deskripsi rinci dari suatu fenomena tanpa manipulasi variabel, serta berusaha menangkap makna dan perspektif dari partisipan dalam konteks tertentu.

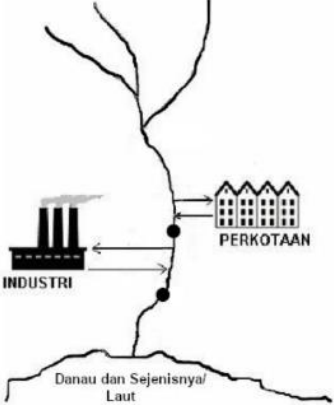
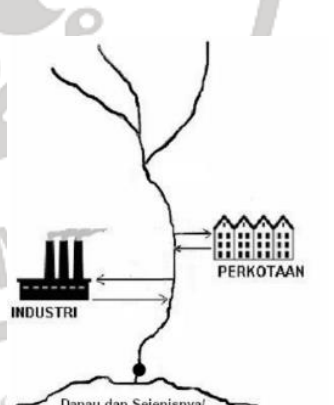


Gambar 3.3 Titik Pengambilan Sampel Air Sungai
Sumber: SNI 6989.57:2008, 2008

Kemudian pada tahun 2021 – 2023, pengambilan sampel air kedua sungai mengadani SNI 8995:2021 Metoda Pengambilan Contoh Uji Air untuk Pengujian Fisika dan Kimia sebagai berikut:

Tabel 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Menurut SNI 8995:2021

No	Lokasi Pengambilan Sampel	Titik Lokasi Pengambilan Sampel
1.	Sumber air alamiah, yaitu lokasi yang diperkirakan belum terjadi pencemaran	

No	Lokasi Pengambilan Sampel	Titik Lokasi Pengambilan Sampel
2.	Sumber air yang dimanfaatkan, yaitu lokasi tempat pemanfaatan air	
3.	Sumber air tercemar, yaitu lokasi yang telah menerima air limbah	
4.	Lokasi masuknya air sungai ke danau dan sejenisnya/laut	

Sumber: SNI 8995:2021, 2021

Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pemalang melalui Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pemalang melakukan analisis dalam penentuan titik lokasi pengambilan sampel air di Sungai Comal dan Sungai Waluh berdasarkan persyaratan pada kedua SNI tersebut di atas. Berdasarkan hasil analisis, pengambilan sampel air Sungai Comal dan Waluh dilakukan di tiga titik

lokasi pada masing-masing sungai. Berikut disajikan lokasi pengambilan sampel air Sungai Comal dan Waluh.

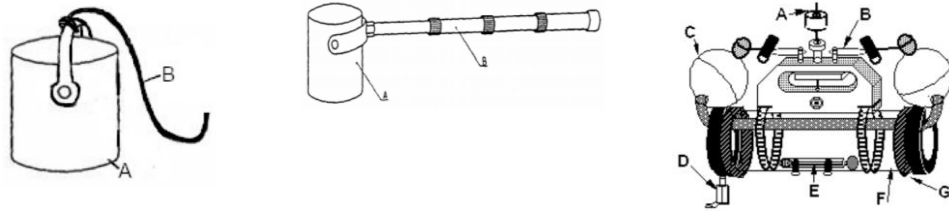
Tabel 3.2 Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian

No.	Nama Sungai	Lokasi	Titik Koordinat	Keterangan
1	Comal	Desa Kebanggan Kecamatan Moga	07°06'142"; 109°15'280"	Mewakili Hulu, lokasi yang diperkirakan belum terjadi pencemaran
2	Comal	Desa Semingkir Kecamatan Randudongkal	07°06'205"; 109°22'117"	Mewakili Tengah, lokasi pemanfaatan air
3	Comal	Desa Kemuning Kecamatan Ampelgading	06°57'658"; 109°29'360"	Mewakili Hilir, lokasi yang telah menerima air limbah
4	Waluh	Desa Rembul Kecamatan Randudongkal	07°05'13.7"; 109°17'37.4"	Mewakili Hulu, lokasi yang diperkirakan belum terjadi pencemaran
5	Waluh	Desa Glandang Kecamatan Bantarbolang	S:07°02'11.5"; E:109°22'10.0"	Mewakili Tengah, lokasi pemanfaatan air
6	Waluh	Desa Sungapan Kecamatan Pemalang	S:06°56'47.0"; E:109°24'23.7"	Mewakili Hilir, lokasi yang telah menerima air limbah

3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel air Sungai Comal dan Waluh mengacu pada SNI 8995:2021 tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Uji Air Permukaan. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara langsung dengan menggunakan metode uji sesaat (*grab sampling*). Metode grab sampling adalah metode pengambilan sampel sesaat yang menunjukkan karakteristik air hanya pada saat itu (Nursaini & Harahap 2022).

Pengambilan sampel menggunakan beberapa alat pengambil sampel uji sesuai dengan ketentuan pada SNI 8995:2021 tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Uji Air Permukaan seperti ember plastik, gayung, dan *water sampler*.



Gambar 3.4 Alat Pengambil Sampel

Sumber: Laboratorium Lingkungan DLH Kabupaten Pemalang, 2024

3.3 Pengambilan dan Penanganan Sampel Air Sungai

Laboratorium Lingkungan DLH Kabupaten Pemalang melakukan pengambilan sampel air Sungai Comal dan Sungai Waluh berdasarkan pada SNI 8995:2021 tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Uji Air Permukaan. Petugas laboratorium membawa beberapa jenis peralatan sebagai berikut:

- pH meter;
- termometer;
- DO meter;
- alat pengukur waktu (*timer* atau *stopwatch*);
- alat pengukur kedalaman (tali yang telah dilengkapi pemberat dan terukur panjangnya);
- meteran.

a. Peralatan Pendukung

- kotak pendingin, untuk menjaga suhu sampel $\leq 6\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- alat penentu titik koordinat (Global Position System / GPS);
- alat dokumentasi (kamera);
- alat tulis tahan air;
- botol semprot;
- alat pelindung diri seperti baju lapangan, masker, sarung tangan, kacamata pengaman (*safety goggles*), sepatu pengaman (*safety shoes*), dan topi pengaman (*safety helmet*).

3.3.1 Cara Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air

- a. Mengukur penampang badan air dan/atau laju alir air dan/atau kedalaman sungai;
- b. Menyiapkan alat pengambil sampel;

- c. Membilas sebanyak tiga kali pada alat pengambil sampel dengan air yang akan diambil;
- d. Mengambil contoh uji pada sungai
- e. Memasukkan sampel yang telah diambil ke dalam botol sampel;
- f. Mengukur pH, oksigen terlarut, dan temperatur;
- g. Melakukan pengawetan sampel dengan menambahkan asam sulfat;
- h. Mencatat identitas pada label setiap botol sampel, kemudian simpan sampel dalam kotak pendingin;
- i. Mencatat dan laporkan seluruh rangkaian kegiatan sampling.

3.3.2 Pengendalian Mutu Pengambilan Sampel

- a. Melakukan pengujian blanko botol sampel.
- b. Menggunakan alat pengambil sampel yang bebas kontaminan.
- c. Menggunakan peralatan pengukuran parameter lapangan yang terkalibrasi.
- d. Melakukan pengambilan contoh uji oleh petugas pengambil contoh uji yang kompeten.
- e. Melakukan pengendalian mutu di lapangan sesuai tujuan pengambilan contoh uji

3.4 Pengujian Sampel Air Sungai di Laboratorium

3.4.1 Pengujian Chemical Oxygen Demand (COD) (SNI 6989.2-2019)

- a. Alat
 - Spektrofotometer
 - Digestion vessel tabung kultur borosilikat ukuran 16 mm x 100 mm
 - COD reaktor/pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung (heating block)
 - Labu ukur 50,0 ml; 100,0 ml; 250,0 ml; 500,0 ml dan 1.000,0 ml
 - Pipet volumetrik 5,0 ml; 10,0 ml; 15,0 ml; 20,0 ml dan 25,0 ml
 - Gelas piala
 - *Magnetic stirrer*
 - Timbangan analitik dengan keterbacaan 0,1 mg.
- b. Bahan
 - Air bebas organik
 - Digestion solution untuk contoh uji dengan nilai COD rendah (≤ 90 mg/l)

- Larutan pereaksi asam sulfat
- Larutan baku Kalium Hidrogen Phtalat

c. Prosedur

- Membuat kurva kalibrasi
 - Menghidupkan spektrofotometer dan mengatur panjang gelombangnya pada 420 nm.
 - Mengukur serapan masing-masing serapan larutan kerja COD konsentrasi rendah (0 – 90 mg/l) dan mencatat hasilnya.
 - Memplot hasil pengukuran menjadi kurva kalibrasi.
- Mengukur sampel
 - Memanaskan COD reaktor pada suhu 150 °C;
 - Memipet sampel sebanyak 2,5 ml masukkan kedalam Digestion Vessel;
 - Menambahkan digestion solution 1,5 ml, dihomogenkan;
 - Menambahkan larutan pereaksi asam sulfat sebanyak 3,5 ml, dihomogenkan;
 - Memasukkan Digestion Vessel kedalam COD reaktor yang sudah mencapai suhu 150 °C dan lakukan refluks selama 2 jam;
 - Mendinginkan sampel yang sudah direfluks sampai suhu ruang;
 - Membiarkan suspensi mengendap dan memastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih;
 - Membaca absorbansinya pada panjang gelombang 420 nm, menggunakan spektrofotometer.

d. Pengendalian Mutu

- Menggunakan bahan kimia pro analisa (pa).
- Menggunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- Menggunakan alat ukur yang terkalibrasi
- Menggunakan air bebas organik untuk pembuatan blanko dan larutan kerja.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.

- Melakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu simpan maksimum 28 hari.
- Melakukan perhitungan koefisien korelasi regresi linier (r) lebih besar atau sama dengan 0,995 dengan intersepsi lebih kecil atau sama dengan batas deteksi.
- Melakukan analisis blanko.
- Melakukan analisis duplo. Kisaran persen temu balik adalah 85 % sampai dengan 115 %.

3.4.2 Pengujian pH (SNI 6989.11-2019)

- a. Alat
 - pH meter dengan perlengkapannya;
- b. Bahan
 - Air bebas mineral
 - Larutan penyangga (buffer) pH 4,00; 7,00; dan 10,00
- c. Prosedur
 - Membilas elektroda dengan air bebas mineral, selanjutnya keringkan dengan kertas tisu halus;
 - Menyelupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil;
 - Mencatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter;
 - Mencatat suhu pada saat pengukuran pH;
 - Membilas kembali elektroda dengan air bebas mineral setelah pengukuran.
- d. Pengendalian Mutu
 - Menggunakan bahan kimia berkualitas pro analisis (pa).
 - Menggunakan alat gelas bebas kontaminasi dan terkalibrasi.
 - Menggunakan pH meter yang terkalibrasi.
 - Melakukan penyimpanan dan pemeliharaan elektroda pH meter sesuai dengan manual alat.
 - Dikerjakan oleh analis yang kompeten.

- Melakukan pengukuran segera.
- Lakukan analisis duplo.
- Lakukan pengukuran duplo dengan perbedaan pengukuran 0,1 satuan pH.

3.4.3 Total Suspended Solid (SNI 6989.3-2019)

a. Alat

- Desikator yang berisi desikan;
- Oven, untuk pengoperasian pada kisaran suhu 103 °C sampai dengan 105 °C;
- Timbangan analitik dengan keterbacaan 0,1 mg;
- Pipet volumetrik atau gelas ukur;
- Media penimbang (misalnya kaca arloji atau cawan petri);
- Cawan kaca masir atau cawan Gooch atau sistem penyaring vakum;
- Pinset;
- Sistem vakum.

b. Bahan

- Media penyaring microglass-fiber filter dengan ukuran porositas 0,7 µm sampai dengan 1,5 µm;
- Air bebas mineral.

c. Prosedur

- Meletakkan media penyaring pada peralatan filtrasi. Pasang sistem vakum, hidupkan pompa vakum kemudian bilas media penyaring dengan air bebas mineral 20 ml. Lanjutkan penghisapan hingga tiris, matikan pompa vakum;
- Memindahkan media penyaring dari peralatan filtrasi ke media penimbang. Jika digunakan cawan Gooch dapat langsung dikeringkan;
- Mengeringkan media penimbang atau cawan Gooch yang berisi media penyaring dalam oven pada suhu 103 °C sampai dengan 105 °C selama 1 jam.
- Selama pengerjaan pengeringan, oven tidak boleh dibuka tutup.

- Mendinginkan media penimbang atau cawan Gooch dalam desikator (selama 10 menit) kemudian timbang;
- Mengulangi langkah di atas sampai diperoleh berat tetap (catat sebagai W0).
- Melakukan penyaringan dengan peralatan penyaring. Basahi media penyaring dengan sedikit air bebas mineral;
- Mengaduk contoh uji hingga diperoleh contoh uji yang homogen, kemudian ambil contoh uji secara kuantitatif dengan volume tertentu dan masukkan ke dalam media penyaring. Nyalakan sistem vakum;
- Membilas media penyaring 3 kali dengan masing-masing 10 ml air bebas mineral, lanjutkan penyaringan dengan sistem vakum hingga tiris;
- Memindahkan media penyaring (glass-fiber filter) secara hati-hati dari peralatan penyaring ke media penimbang (cawan petri). Jika menggunakan cawan Gooch, pindahkan cawan dari rangkaian alatnya;
- Mengeringkan media penimbang atau cawan Gooch yang berisi media penyaring dalam oven minimal selama 1 jam pada kisaran suhu 103 °C sampai dengan 105 °C, dinginkan dalam desikator (selama 10 menit), dan timbang;
- Mengulangi langkah di atas sampai diperoleh berat tetap (catat sebagai W1).

d. Pengendalian Mutu

- Menggunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- Menggunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- Melakukan analisis dalam jangka waktu tidak melebihi 7 hari.
- Melakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi.
- Melakukan analisis duplo sebagai kontrol ketelitian analisis. Jika Perbedaan Persen Relatif (Relative Percent Different atau RPD) $\geq 15 \%$ maka dilakukan pengukuran ketiga hingga diperoleh nilai RPD $\leq 15 \%$.

3.4.4 Fecal Coliform (APHA 9221D)

a. Alat

- Pipet tetes

- Rak tabung
- Tabung reaksi
- Gelas ukur 10 ml
- Tabung durham
- Bunsen
- Inkubator
- Handsprayer

b. Bahan

- Sampel air (air sumur, air sungai dan air galon)
- Medium Brilliant Green Lactase Bilebroth (BGLB)
- Medium Laktose Broth (LB)
- Medium Escherichia coli (EC)
- Aquades steril
- Alkohol 70%
- Korek api
- Spiritus
- Label

c. Prosedur

- Pengenceran
 - Menyiapkan 9 tabung reaksi dan memberikan label pada masing-masing tabung dengan tanda 10-1, 10-2 dan 10-3.
 - Mengisi tabung reaksi masing-masing 9 ml aquadest steril yang telah di ukur dengan menggunakan gelas ukur.
 - Menambahkan sampel air sumur dan air sungai masing-masing 1 ml dengan menggunakan pipet tetes ke dalam tabung yang telah berisi aquades steril pada tabung pengenceran 10-1, kemudian mengocok agar tercampur secara homogen. Air galon tidak dilakukan pengenceran karena telah melalui proses sterilisasi.
 - Menambahkan 1 ml sampel dari pengenceran 10-1 ke dalam tabung pengenceran 10-2, kemudian mengocok sehingga tercampur secara homogen.

- Menambahkan 1 ml sampel dari pengenceran 10-2 ke dalam tabung pengenceran 10-3, kemudian mengocok sehingga tercampur secara homogen.
- Perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali pada tabung reaksi yang lain.
- Uji Pendugaan
 - Memfiksasi mulut tabung media LB (Lactose Broth) pada api Bunsen kemudian menambahkan masing-masing 5 ml/100 tetes dari tabung pengenceran 10-1 ke dalam 3 tabung media Lactose Broth (LB), dan kembali memfiksasi tabung reaksi dan menutup dengan kapas.
 - Memfiksasi mulut tabung media LB (Lactose Broth) kemudian menambahkan masing-masing 1 ml/20 tetes dari tabung pengenceran 10-2 ke dalam 3 tabung media Lactose Broth (LB), dan kembali memfiksasi tabung reaksi dan menutup dengan kapas.
 - Memfiksasi mulut tabung media LB (Lactose Broth) kemudian menambahkan masing-masing 0.5 ml/10 tetes dari tabung pengenceran 10-3 ke dalam 3 tabung media Lactose Broth (LB), dan kembali memfiksasi tabung reaksi dan menutup dengan kapas.
 - Menghomogenkan secara perlahan pada seluruh tabung agar sampel menyebar rata keseluruh media.
 - Menginkubasikan seluruh tabung pada suhu 34 °C selama 24 jam.
 - Mengamati adanya gelembung udara di dalam tabung durham dan mencatat kode tabung yang positif mengeluarkan gas.
- Uji Penegasan
 - Mengambil sampel air dari tabung LB yang positif yang ditandai adanya gelembung pada tabung durham kemudian memasukkan sebanyak 2 tetes kedalam tabung BGLB dan EC medium untuk pemeriksaan total Coliform.
 - Menginkubasi media BGLB dan EC pada suhu 34oC selama 24 jam.
 - Mencatat jumlah tabung yang menunjukkan tes penegasan positif.

- Menentukan nilai MPN Coliform berdasarkan tabel MPN yang terdapat pada lampiran.

3.4.5 Biochemical Oxygen Demand

a. Alat :

- Inkubator
- Oxitop
- Botol amber
- Magnetic stirer
- Gelas ukur
- Spatula

b. Bahan :

- NaOH
- Nitrification Inhibitor

c. Cara Kerja :

1. Tentukan volume sampel yang akan diuji berdasarkan jenis sampelnya
 - Air Sungai : 432 ml
 - Air Limbah : 164 ml / 250 ml / 365 ml (sesuaikan dengan jenis industrinya)
2. Masukkan sampel sesuai volume yang ditentukan ke dalam botol amber
3. Masukkan magnetic stirer ke dalam botol amber yang berisi sampel kemudian tambahkan 2 tetes Nitrification Inhibitor
4. Pasang tube hitam kemudian tambahkan NaOH 1 gram (2-3 butir)
5. Tutup dengan Oxitop kemudian tekan tombol samapi muncul angka 0 – 0
6. Masukkan ke dalam inkubator dan diamkan selama 5 hari
7. Setelah hari ke 5 ambil botol dan catat angka yang tertera pada Oxitop dari hari ke 1-5
8. Lakukan perhitungan.

3.5 Analisis Data Hasil Pengujian Sampel Air Sungai

Data hasil uji sampel air Sungai Comal dan Sungai Waluh dikumpulkan untuk diolah menggunakan Metode Indeks Pencemaran (Pollution Index). Parameter yang dihitung menggunakan Metode Indeks Pencemaran antara lain zat padat tersuspensi (TSS), BOD, COD, DO, Fosfat, Total Coliform dan Fecal Coliform. Metode Indeks Pencemaran (IP) digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relative terhadap parameter kualitas air yang diijinkan (Nemerow dan Sumitomo, 1970). IP ditentukan dari resultante nilai maksimum dan nilai rerata rasio konsentrasi per parameter terhadap nilai baku mutunya. Rumus Indeks Pencemaran adalah sebagai berikut.

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2_M + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2_R}{2}}$$

- IP_j = indeks pencemaran bagi peruntukan j,
- C_i = konsentrasi parameter kualitas air i,
- L_{ij} = konsentrasi parameter kualitas air i yang tercantum dalam baku peruntukan air j,
- M = maksimum, R = rerata.

Prosedur penggunaan rumus tersebut adalah sebagai berikut :

1. L_{ij} adalah konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Mutu suatu peruntukan air (j),
2. C_i adalah konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis cuplikan dan suatu alur sungai, hasil pengukuran
3. P_{ij} adalah Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari C_i/L_{ij}
4. Harga P_{ij} ini dapat ditentukan dengan cara :
 - a. Jika nilai konsentrasi parameter yang menurun menyatakan tingkat pencemaran meningkat. Dalam kasus ini nilai C_i/L_{ij} hasil pengukuran digantikan oleh nilai C_i/L_{ij} hasil perhitungan yaitu :
 - b. Jika nilai baku mutu (L_{ij}) memiliki rentang
 - c. Keraguan timbul jika dua nilai (C_i/L_{ij}) berdekatan dengan nilai acuan 1,0 misal C₁/L_{1j} = 0,9 dan C₂/L_{2j} = 1,1 atau perbedaan yang sangat besar,

misal $C3/L3j = 5,0$ dan $C4/L4j = 10,0$. Dalam contoh ini tingkat kerusakan badan air sulit ditentukan. Cara untuk mengatasi kesulitan ini sebagai berikut :

- Gunakan nilai (C_i/L_{ij}) hasil pengukuran jika nilai ini $< 1,0$
- Gunakan nilai (C_i/L_{ij}) baru jika nilai ini $> 1,0$
- (C_i/L_{ij}) baru $= 1,0 + P \cdot \log (C_i/L_{ij})$ hasil pengukuran
- P adalah konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan.

5. Tentukan nilai rata-rata dan nilai maksimum dari keseluruhan C_i/L_{ij} .
6. Tentukan harga PI_j . Kategori Kelas Pollution Index (PI) adalah sebagai berikut:
 - a. $0 \leq PI \leq 1,0$ = memenuhi baku mutu (good)
 - b. $1,0 \leq PI \leq 5,0$ = tercemar ringan (slightly polluted)
 - c. $5,0 \leq PI \leq 10,0$ = tercemar sedang (fairly polluted)
 - d. $PI > 10,0$ = tercemar berat (heavy polluted)

Setelah status IP diketahui maka dilakukan penentuan nilai IKA sebagai berikut :

- Hitung jumlah masing-masing status mutu (baik, cemar ringan, cemar sedang dan cemar berat) untuk seluruh lokasi;
- Hitung persentase dari jumlah masing-masing status mutu dengan jumlah totalnya pada wilayah hulu, tengah dan hilir;
- Transformasi nilai IP ke dalam indeks kualitas air (IKA) dilakukan dengan mengalikan bobot nilai indeks dengan presentase pemenuhan baku mutu. Persentase pemenuhan baku mutu didapatkan dari hasil penjumlahan titik sampel yang memenuhi baku mutu terhadap jumlah sampel dalam persen. Sedangkan bobot indeks diberikan batasan sebagai berikut : 70 untuk memenuhi baku mutu, 50 untuk tercemar ringan, 30 untuk tercemar sedang dan 10 untuk tercemar berat.
- Nilai IP IKA dapat dilihat dalam tabel di bawah ini :

No	Nilai IKA	Predikat
1.	$IKA > 70$	Sangat Baik
2.	$60 < IKA \leq 70$	Baik

- | | | |
|----|--------------------|-----------------------|
| 3. | $50 < IKA \leq 60$ | Cukup Baik |
| 4. | $40 < IKA \leq 50$ | Kurang Baik |
| 5. | $30 < IKA \leq 40$ | Sangat Kurang
Baik |
| 6. | $IKA \leq 30$ | Waspada |

Penelitian kualitatif dilakukan dengan melakukan wawancara terhadap komunitas peduli sungai di Kabupaten Pemalang, untuk mengetahui peran serta masyarakat dalam menjaga perairan di Kabupaten Pemalang.

