

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dan desain observasional deskriptif dengan pendekatan *cross sectional* yang dimana akan menggambarkan tentang beban cemaran COD, suhu, dan bakteri *coliform* yang berasal dari sumber pencemar yaitu pertanian, peternakan, domestik, pasar, dan industry RPH. Penelitian ini menggunakan desain penelitian *cross sectional* observasional karena akan dilakukan pengamatan secara langsung di lokasi dan dilakukan dalam satu waktu pada lokasi yang akan dijadikan sebagai titik sampel.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu di Daerah Aliran Sungai (DAS) Pentung Ambarawa yang terletak di Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 28 Oktober 2022 selama satu hari.

C. Subjek Penelitian

1. Populasi

Populasi pada penelitian ini yaitu air sungai yang berasal dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Pentung Ambarawa yang terletak di Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang.

2. Sampel

Sampel dalam penelitian ini yaitu air sungai yang berasal dari titik segmen yang telah di tentukan. Ketentuan dari segmen tersebut adalah air sungai terkena cemaran yang berasal dari sumber cemaran berupa peternakan, pertanian, pemukiman, pasar, dan industri (RPH). Teknik sampling yang digunakan yaitu *sample survey method* dengan cara *grab sampling* merupakan pengambilan sampel dari beberapa segmen yang diharapkan dapat mewakili populasi praktikum dengan berdasarkan pada kriteria yaitu sampel diambil pada hulu hingga hilir sungai yang dimana titik pengambilan sampelnya adalah titik yang terdapat sumber cemaran yaitu pertanian, peternakan, domestik, pasar tradisional, dan RPH. Kemudian titik pengambilan sampel yaitu setelah sumber cemaran yang tidak terdapat sumber cemaran yang lainnya, serta pengambilan sampel dilakukan ketika tidak terjadi hujan selama 1x24 jam. Pewadahan dilakukan secara rapat dan kedap udara agar sampel tidak terjadi kontaminasi.

Lokasi dan titik dalam pengambilan sampel air yang akan diujikan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1. Lokasi dan Jumlah Titik Pengambilan Sampel Air Sungai
Pentung Ambarawa

Titik Pengambilan Sampel		Koordinat Titik		Lebar Sungai (m)	Kedalaman sungai (cm)	Debit (m ³ /s)	Jumlah sampel setiap titik
		X	Y				
Titik1 (Daerah pertanian)	1	433081	9199927	3,93	Segmen 1 : 28 Segmen 2 : 20 Segmen 3 : 25	7	2
Titik (Daerah peternakan)	2	433657	9199350	3	Segmen 1 : 40 Segmen 2 : 15 Segmen 3 : 20	3	1
Titik 3 (Daerah pasar)		434644	9197818	7	Segmen 1 : 47 Segmen 2 : 45 Segmen 3 : 40	3	1
Titik 4 (industri (RPH))		434730	9197729	3,6	Segmen 1 : 38 Segmen 2 : 33 Segmen 3 : 40	9	2
Titik 5 (Domestik)		435222	9196990	6,5	Segmen 1 : 10 Segmen 2 : 10 Segmen 3 : 30	4	1
Titik 6 (Pertemuan antara Sungai Pentung dan Sungai Panjang)		435252	9196357	9	Segmen 1 : 60 Segmen 2 : 47 Segmen 3 : 52	3	1
Titik 7 (Hilir menuju rawa pening)		435420	9195581	7	Segmen 1 : 47 Segmen 2 : 33 Segmen 3 : 44	120	2

D. Definisi Operasional

Tabel 3.2. Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
1.	Nilai COD	Hasil pengukuran nilai COD dalam sampel air sungai di setiap titik pengambilan sampel yang berdasarkan pada SNI 6989.2:2019	Pengukuran dilakukan dengan cara observasi dan pemeriksaan laboratorium dengan cara refluks tertutup secara <i>Titrimetri</i> . Alat yang digunakan yaitu COD meter	Tidak memenuhi syarat jika nilai COD >25 mg/l Memenuhi syarat jika nilai COD <25 mg/l	Nominal
2.	Nilai bakteri Coliform	Hasil pengukuran nilai bakteri Coliform dalam sampel air sungai di setiap titik pengambilan sampel berdasarkan SNI ISO 9308-1:2010	Pengukuran dilakukan dengan cara observasi dan pemeriksaan laboratorium dengan metode filtrasi dengan membrane menggunakan alat Reagen kit deteksi coliform	Tidak memenuhi syarat jika nilai bakteri Coliform >5000 MPN/100 mL Memenuhi syarat jika nilai bakteri Coliform <5000 MPN/mL	Nominal
3.	Suhu	Hasil pengukuran suhu air sungai di setiap titik titik pengambilan sampel berdasarkan	Pengukuran dilakukan dengan cara observasi dan pemeriksaan laboratorium dengan menggunakan alat berupa	Deviasi 3°C Dengan makna tidak memenuhi syarat jika suhu air	Nominal

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
		SNI 6989.23-2005	Thermometer	>/< 3 ⁰ C dari suhu lingkungan Memenuhi syarat jika suhu air = 3 ⁰ C dari suhu lingkungan	
4.	Beban cemaran air sungai	Hasil perhitungan persamaan beban pencemaran sungai yang didasarkan pada hasil pengujian parameter COD, suhu, dan bakteri coliform	Persamaan Beban Pencemaran Aktual (BPA) dan Beban Pencemaran Maksimum (BPM) $BPA = Q \times C_{Aktual} \times K$ $BPM = Q \times C_{Maksimum} \times K$	Beban Pencemaran Aktual (BPA) yang saat ini diterima oleh sungai dan Beban Pencemaran Maksimum yang dapat diterima oleh sungai berdasarkan baku mutu	Nominal
5.	Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai	Hasil perhitungan persamaan daya tampung beban pencemaran sungai yang didasarkan pada hasil perhitungan Beban Pencemaran Aktual (BPA) dan	Menggunakan perhitungan selisih dari hasil perhitungan Beban Pencemaran Maksimum dan Beban Pencemaran Aktual $DTBS = BPM - BPA$	➤ Sungai tidak dapat menampung beban pencemaran jika hasil perhitungan bernilai (-) Sungai	Nominal

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
		Beban Pencemaran Maksimum (BPM)		dapat menampung beban pencemaran jika hasil perhitungan bernilai (+)	

E. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data terbagi menjadi dua yaitu proses pengumpulan data skunder dan proses pengumpulan data primer.

1. Data Skunder

Data sekunder pada penelitian ini berasal dari data sepuluh besar penyakit yang ada di wilayah kerja Puskesmas Amabarawa dan data rekap pemeriksaan penyakit di seluruh fasilitas pelayanan kesehatan di Kecamatan Ambarawa untuk mengetahui jumlah kejadian penyakit dermatitis dan diare di Kecamatan Ambarawa.

2. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara wawancara, observasi, dan uji laboratorium. Wawancara dilakukan kepada masyarakat sekitar untuk memperoleh informasi terkait dengan pemanfaatan air sungai dan sumber cemaran untuk mengetahui parameter pencemar yang dapat diukur. Pada uji laboratorium dilakukan pengambilan sampel yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI yang digunakan pada pengambilan sampel air sungai adalah SNI 03-7016-2004 yang

mengacu pada SNI 06-2412-1991. Pengambilan sampel dilakukan secara *grab sampling* yaitu pengambilan sampel air yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu. Pengambilan sampel dilakukan secara non-komposit karena apabila komposit tidak dapat memeriksa parameter tertentu seperti oksigen terlarut, pH, suhu, logam-logam terlarut dan bakteri.

Pengambilan sampel air diperlukan peralatan yaitu alat untuk mengambil sampel dan wadah sampel. Alat pengambil sampel dapat berupa alat yang sederhana yaitu berasal dari botol atau ember plastik. Jumlah titik pengambilan sampel sungai berdasarkan pengukuran debit air sungai yang telah ditentukan oleh *World Meteorological Organization* pada tahun 1988. Pengukuran debit dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran debit secara langsung yaitu pengukuran debit dengan menggunakan peralatan berupa alat pengukur arus (*Current Meter*), pelampung, zat warna, dan yang lainnya. Sedangkan pengukuran debit secara tidak langsung yaitu pengukuran debit yang dilakukan menggunakan rumus hidrolika misalkan rumus *Manning* atau *Chezy*.

Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur parameter hidraulis sungai yaitu luas penampang melintang sungai, keliling basah, dan kemiringan garis energi. Garis energi diperoleh dari bekas banjir yang teramati di tebing sungai. Untuk pos duga air yang sudah dilengkapi dengan pelskal khusus garis energi dapat dibaca dari pelskal khusus tersebut (BPSDA, 2015). Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengambilan sampel air sungai yaitu sebagai berikut:

- a. Sebelum dilakukan pengambilan sampel, dilakukan penentuan titik sumber cemaran sebagai lokasi pengambilan sampel. Lokasi yang digunakan yaitu sebanyak tujuh titik lokasi yang memiliki sumber cemaran dari pertanian, domestik, peternakan, pasar tradisional, dan industri RPH. Sampel diambil di lokasi setelah sumber cemaran yang telah dipastikan tidak terdapat sumber cemaran yang lainnya.
- b. Setelah itu dipersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Alat dan bahan yang digunakan yaitu sebagai berikut:
 - 1) Botol sampel plastik
 - 2) Botol sampel mikrobiologi
 - 3) Current meter untuk menentukan debit
 - 4) Ember
 - 5) Tali
 - 6) Meteran
 - 7) Alat pengukur suhu
 - 8) Alat tulis
 - 9) Table
 - 10) Kantong plastik hitam
 - 11) GPS Essentials
- c. Kemudian dilakukan pengukuran debit air sungai yang akan dijadikan sebagai sampel. Debit diukur dengan cara memasukkan alat kedalam air dengan ketentuan jika kedalaman sungai kurang

dari 1 meter maka debit dapat dilakukan pengukuran satu titik saja. Langkah pengukuran debit pada penelitian ini yaitu:

- 1) Diukur lebar dan kedalaman dari sungai
- 2) Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, kedalaman sungai tidak mencapai satu meter maka pengukuran debit cukup dilakukan satu titik di masing-masing titik cemaran.
- 3) Alat *current meter* dimasukkan kedalam air dengan ketentuan setengah dari lebar sungai dan setengah dari kedalaman sungai.

d. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel sungai pada titik sampel sungai yang didasarkan pada debit sungai di masing-masing lokasi sumber pencemaran. Jumlah sampel yang diambil pada satu titik didasarkan pada SNI 6989.57 tahun 2008 dengan ketentuan:

- 1) Jika debit air $< 5 \text{ m}^3/\text{s}$ maka jumlah sampel yang diambil yaitu satu sampel pada $\frac{1}{2}$ kedalaman dan lebar sungai.
- 2) Jika debit air $5\text{-}150 \text{ m}^3/\text{s}$ maka jumlah sampel yang diambil yaitu dua sampel dengan ketentuan sampel yang pertama yaitu $\frac{1}{2}$ kedalaman sungai dan $\frac{1}{3}$ lebar sungai.
- 3) Jika debit air $150\text{-}1000 \text{ m}^3/\text{s}$ maka jumlah sampelnya diambil pada 6 titik sampel dengan ketentuan 0,2-0,8 dari kedalaman sungai pada 4 segmen sungai.

Pada penelitian ini terdapat 3 lokasi yang memiliki debit pada rentang 5-150 m³/s sehingga terdapat 3 lokasi yang pengambilan sampelnya pada dua titik. Serta lokasi yang lain dilakukan pengambilan sampel pada satu titik.

- e. Proses pengambilan sampel didasarkan pada debit, sampel untuk uji fisika dan kimia dimasukkan kedalam botol plastik, dan sampel untuk pengujian mikrobiologi dimasukkan kedalam botol sampel mikrobiologi. Jumlah sampel untuk uji parameter fisika dan kimia yaitu sebanyak 3 liter.
- f. Setelah sampel dimasukkan kedalam botol sampel, botol sampel diberikan label, dan dilakukan pengukuran suhu di setiap sampel air dilokasi pengambilan sampel secara langsung karena jika dilakukan pengukuran ditempat lain dapat mengubah suhu air.
- g. Lalu sampel dimasukkan kedalam kantong plastik berwarna hitam untuk menjaga sampel agar tidak secara langsung terpapar oleh sinar matahari saat proses pengambilan sampel dititik yang lainnya.
- h. Sampel disimpan pada almari pendingin/kulkas dikarenakan sampel tidak dapat langsung dikirim ke Laboratorium Kesehatan Daerah Semarang dan karakteristik sampel yang memiliki masa simpan lebih dari 1x24 jam jika diletakkan pada pendingin.
- i. Sampel dilakukan pengujian di Laboratorium Kesehatan Daerah Semarang dengan proses pengiriman di masukkan kedalam

wadah plastik hitam agar sampel terhindar dari sinar matahari secara langsung.

Data primer juga diperoleh berdasarkan pengukuran parameter COD, suhu, dan bakteri coliform pada laboratorium.

a. Pengukuran nilai COD

Pengukuran nilai COD didasarkan pada SNI 6989.73:2019 sebagai berikut:

Tabel 3.3 Alat dan Bahan dalam Pengukuran COD

Bahan	Alat
Air bebas organik	Digestion vessel
Larutan baku kalium dikromat (K ₂ Cr ₂ O ₇) 0,1 N	Pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung
Larutan pereaksi asam sulfat	Mikro buret
Larutan indikator ferroin	Labu ukur 50,0 ml; 100,0 ml; 250,0 ml; 500,0 ml dan 1.000,0 ml
Larutan baku Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,05N	Pipet volumetrik 5,0 ml; 10,0 ml; 15,0 ml; 20,0 ml dan 25,0 ml
Asam Sulfamat (NH ₂ SO ₃ H)	Erlenmeyer
Larutan baku kalium hydrogen phatalat (HOCC ₆ H ₄ COOK, KHP) setara dengan nilai COD 500 mg O ₂ /l.	Gelas piala
	Magnetic stirrer
	Timbangan analitik dengan keterbacaan 0,1 mg

Prosedur kerjanya yaitu sebagai berikut:

1. Pipet contoh uji dimasukkan kedalam digestion vessel dan ditambahkan secara berturut turut digestion solution serta larutan pereaksi asam sulfat
2. Tabung ditutup dan kocok perlahan sampai homogeny

3. Tabung diletakkan pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, lakukan refluks selama 2 jam
4. Contoh uji dan larutan kerja yang sudah di refluks didinginkan sampai suhu ruang.
5. Contoh uji dipindahkan secara kuantitatif ke dalam Erlenmeyer untuk titrasi
6. Ditambahkan indikator ferroin 1 sampai 2 tetes dan dititrasi dengan larutan baku FAS sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau-biru menjadi coklat-kemerahan, catat larutan baku FAS yang digunakan (V_c ml)
7. Kemudian dilakukan kembali langkah 1 sampai dengan 6 terhadap air bebas organik sebagai blanko dan dicatat volume larutan FAS yang digunakan (V_{b1} ml) dan dilaporkan hasil uji yang sesuai dengan Lampiran A.
8. Kemudian dilakukan perhitungan COD yaitu dengan nilai COD sebagai mg/lO_2 yaitu:

$$\text{COD (mg O}_2\text{/l)} = [(V_b - V_c) \times N_{\text{FAS}} \times 8000] / V_s$$

Keterangan :

V_b : adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (ml)

V_c : adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh uji (ml)

V_s : adalah volume contoh uji (ml)

NFAS : adalah normalitas larutan FAS (N)

8000 adalah berat mili ekivalen oksigen x 1.000.

1) Pengukuran suhu

Pengukuran suhu pada air sungai didasarkan pada SNI 6989.23-2005. Alat yang digunakan yaitu thermometer dengan skala hingga 110°C.. Prosedur kerja pengukuran suhu air sungai sebagai berikut:

- a) Termometer langsung dicelupkan ke dalam contoh uji dan biarkan 2 menit sampai dengan 5 menit sampai termometer menunjukkan nilai yang stabil.
- b) Catat pembacaan skala termometer tanpa mengangkat lebih dahulu termometer dari air

2) Pengukuran bakteri coliform

Pengukuran bakteri coliform di dasarkan pada SNI ISO 9308-1:2010. Metode pengujian ini menggunakan metode filtrasi dengan membran.

F. Pengolahan Data

Teknik pengolahan data dilakukan dengan cara:

1. Editing

Tahap editing yaitu proses dimana hasil dari uji sampel telah diketahui kemudian melakukan penyesuaian kembali dengan sampel yang telah di ujikan, apakah jumlah hasil uji sampel dengan jumlah sampel yang dikirimkan ke laboratorium kesehatan sama atau berbeda.

2. Verifikasi

Tahap verifikasi yaitu tahap pengecekan kembali data-data hasil uji yang telah terkumpul, yaitu penyesuaian keterangan pada label sampel dengan keterangan yang berada di hasil uji sampel.

3. Analisis data

Tahap analisis data yaitu dilakukan secara deskriptif dari hasil perhitungan Beban Pencemaran Aktual dan Beban Pencemaran Maksimum yang dapat digunakan untuk menghitung Daya Tampung Beban Pencemaran.

4. Kesimpulan

Tahap penarikan kesimpulan yaitu tahap akhir dalam pengolahan data. Tahap ini merupakan tahap dimana hasil akhir telah ditentukan dan telah diambil kesimpulan dari keseluruhan uji yang dilakukan. Penarikan kesimpulan pada penelitian ini yaitu berdasarkan Daya Tampung Beban Pencemaran yang berasal dari selisih Beban Pencemaran Maksimum dan Beban Pencemaran Aktual. Jika hasil menunjukkan hasil yang positif maka dapat diartikan bahwa sungai masih memiliki kapasitas untuk menampung cemaran, namun jika hasilnya negative sungai sudah tidak dapat menampung cemaran sesuai dengan parameter yang diujikan.

G. Analisis Data

Tahap analisis data pada penelitian ini menggunakan metode neraca masa dan menentukan daya tampung beban pencemaran dengan mencari selisih dari Beban Pencemaran Aktual (BPA) dan Beban Pencemaran

Maksimum (BPM). Analisis menggunakan metode neraca massa yang digunakan untuk menghitung konsentrasi rata-rata aliran seluruh lokasi penelitian dengan menentukan kualitas aliran akhir dapat diformulasikan pada rumus berikut:

$$C_R = \frac{\sum C_i Q_i}{\sum Q_i} = \frac{\sum M_i}{\sum Q_i} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan : C_R : Konsentrasi rata-rata parameter kualitas air dialiran akhir

C_i : Konsentrasi parameter pada aliran ke-i

Q_i : Debit aliran ke-i

M_i : Masa parameter kualitas air aliran ke-i

Kemudian Beban Pencemaran Aktual (BPA) pada aliran Sungai Pentung Ambarawa berdasarkan masing-masing parameter kualitas kimiawi air dapat dianalisis menggunakan persamaan berikut:

$$BPA = Q \times C_{Aktual} \times K \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan : BPA : Beban Pencemaran Aktual (kg/hr)

Q : Debit sungai (m³/detik)

C : Konsentrasi parameter (mg/L)

K : Konstanta = 86,4 (kg/hr)

Selanjutnya untuk menentukan Beban Pencemaran Maksimum (BPM) atau daya tampung beban pencemaran disetiap parameter. Beban pencemaran maksimum ini pada konsentrasi dimasing masing parameter didasarkan pada baku mutu kualitas air kelas II yaitu sesuai dengan peruntukan air sungai tersebut. Baku mutu air kelas II pada parameter COD yaitu 25 mg/L dan

pada bakteri coliform yaitu 5000 ml. Persamaan yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$BPM = Q \times C_{maks} \times K \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan : BPM : Beban Pencemaran Maksimum (kg/hr)

Q : Debit sungai (m³/detik)

C : Konsentrasi parameter sesuai baku mutu
(mg/L)

K : Konstanta = 86,4 (kg/hr)

Kemampuan sungai untuk menampung beban pencemaran dapat dievaluasi melalui selisih dari Beban Pencemaran Maksimum (BPM) dan Beban Pencemaran Aktual (BPA) melalui persamaan:

$$Selisih = BPM - BPA \dots \dots \dots (4)$$

Jika hasil perhitungan selisih dari BPM dan BPA yaitu negative maka dapat diartikan bahwa daya tampung beban pencemaran melebihi kapasitas yang dapat ditampung oleh sungai sehingga sungai sudah tidak dapat lagi menampung beban pencemaran dan harus dilakukan upaya pengelolaan untuk mengurangi pencemaran yang ada pada sungai tersebut.