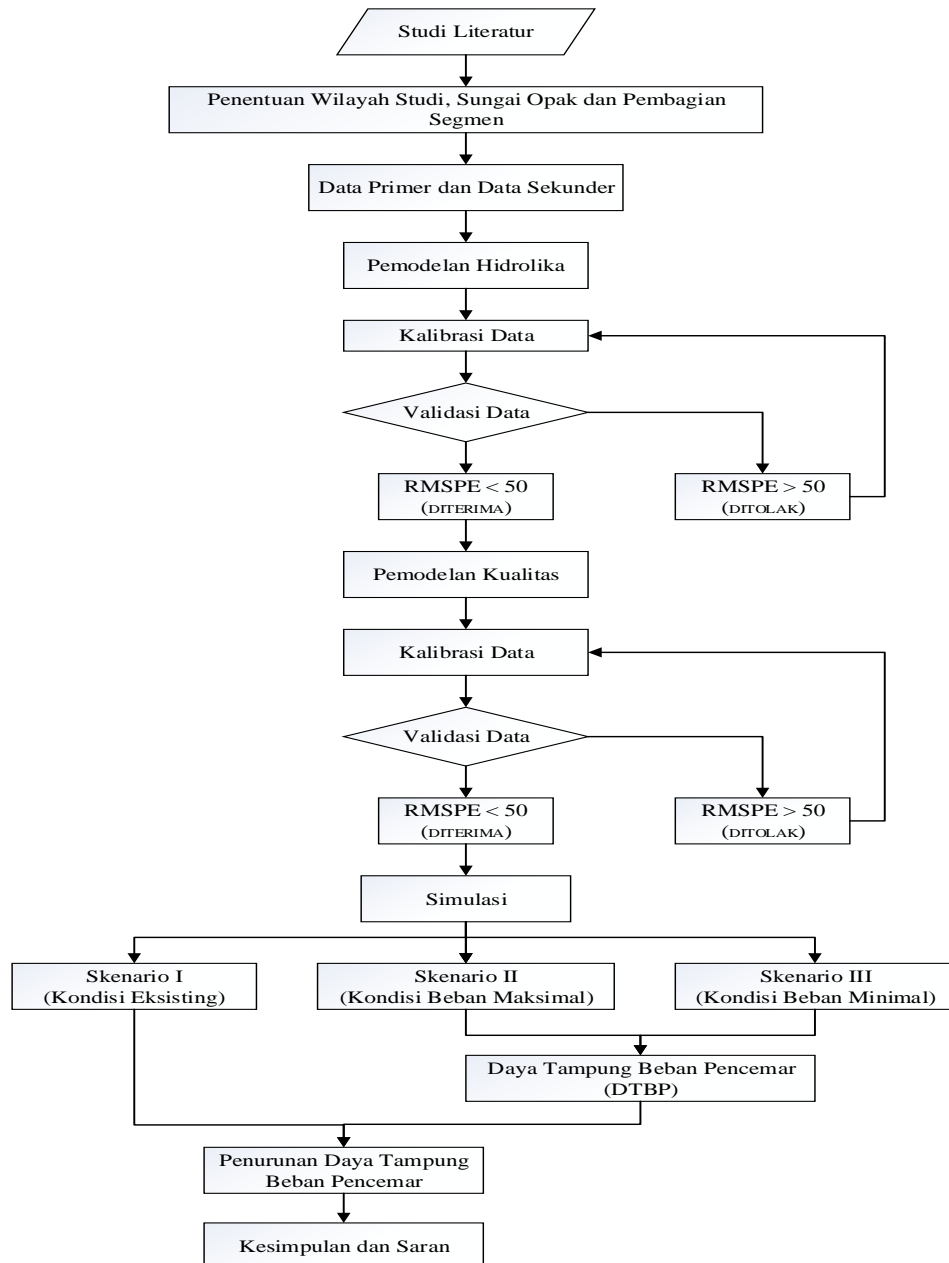


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Skema Pelaksanaan Penelitian

Adapun dalam penelitian yang dilaksanakan ditunjukkan oleh skema pada Gambar 3.1 berikut.



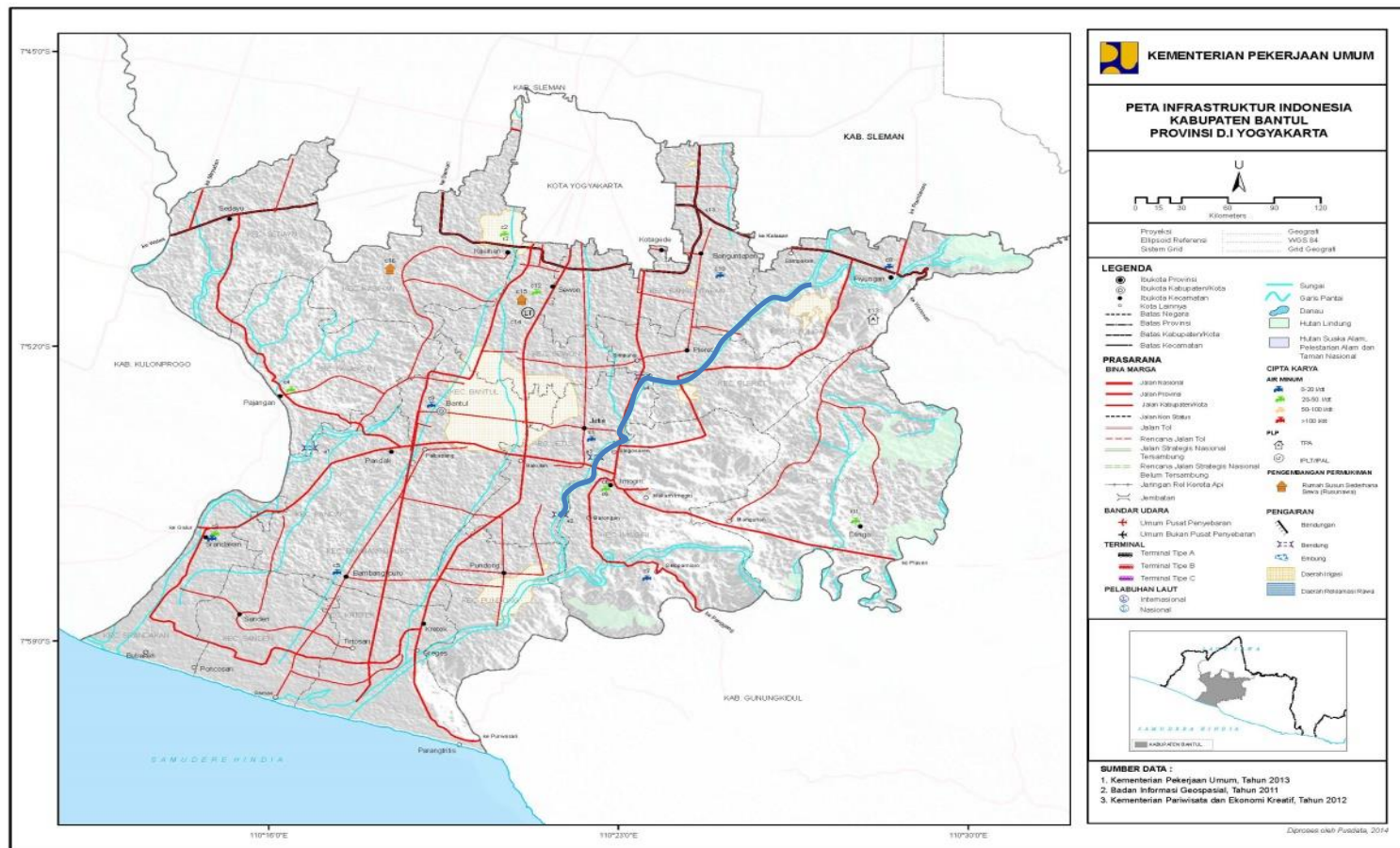
Gambar 3.1 Skema Pelaksanaan Penelitian

3.2 Studi Literatur

Penelitian dimulai dengan studi pustaka yang dilakukan untuk menyesuaikan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dikaji. Adapun pustaka atau referensi yang dijadikan sumber dalam penelitian adalah dari buku maupun jurnal dari penelitian terdahulu. Studi literatur sendiri mencakup teori pada pemodelan kualitas air sungai, faktor yang mempengaruhi kualitas air sungai dari kondisi fisik sungai hingga bentuk-bentuk pemodelan yang biasa digunakan. Setelah dilakukannya studi literatur kemudian dengan pengumpulan data sekunder mencakup data hasil kualitas air Sungai Opak, komponen fisik dari sungai tersebut, lokasi sumber pencemar yang masuk ke badan sungai, peta dasar sungai, yang dimana data dapat didapatkan dari Badan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kemudian digunakan juga data seperti meteorologi daerah pengukuran yang didapat dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Data primer yang diperoleh merupakan data kualitas air pada bulan April 2017.

3.3 Penentuan Wilayah Studi

Penentuan wilayah studi yaitu Sungai Opak yang dijadikan lokasi penelitian dengan pengamatan langsung kondisi air sungai pada titik-titik pengamatan tertentu di badan sungai merupakan salah satu cara untuk mengetahui kondisi fisik kualitas air pada tiap titik pengamatan. Panjang Sungai Opak sekitar ± 65 km yang melewati dua kabupaten yang ada di Yogyakarta, yaitu Kabupaten Sleman dan Bantul. Akan tetapi, dalam penelitian ini akan dilakukan pengambilan bagian penggal Sungai Opak pada daerah administrasi Kabupaten Bantul dengan alasan pada daerah tersebut kualitas air sungai sudah terakumulasi dengan masukan sumber pencemar pada penggal sebelumnya. Berikut Gambar 3.2 peta wilayah penggal alur Sungai Opak.



Gambar 3.2 Peta Daerah Penelitian Alur Sungai Opak

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian yaitu data primer dan data sekunder. Data yang didapatkan kemudian dikumpulkan dan disajikan dalam tabel-tabel ataupun gambar yang dapat mempermudah pemahaman dalam memahami penelitian. Beberapa data yang dikumpulkan dan kemudian disajikan mencakup data:

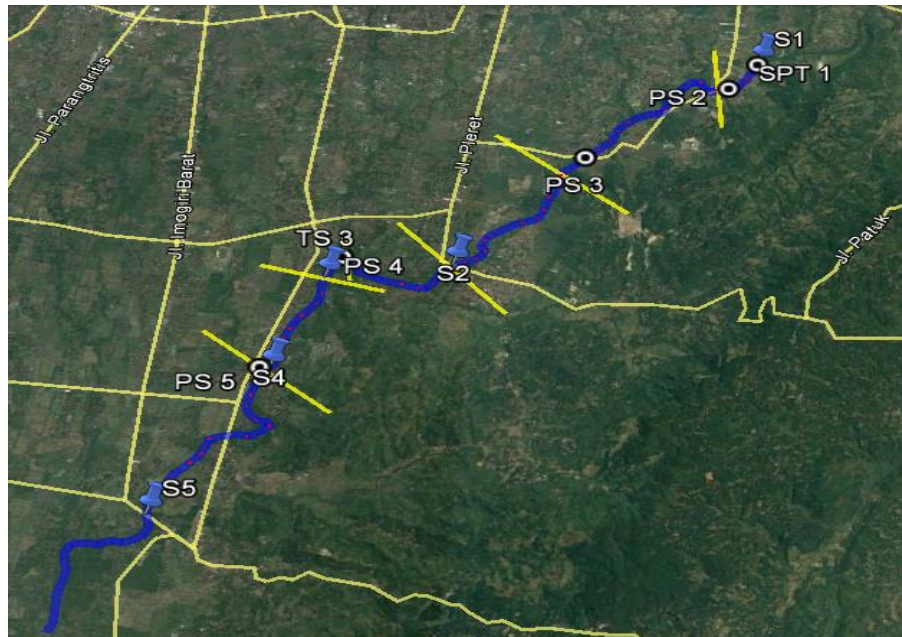
3.4.1 Data Primer

Data primer yang didapatkan dalam penelitian berasal dari hasil pengujian parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas air sungai pada waktu tersebut dan *point source* yang masuk ke badan sungai tersebut dengan dilakukan analisis kualitas air sungai.

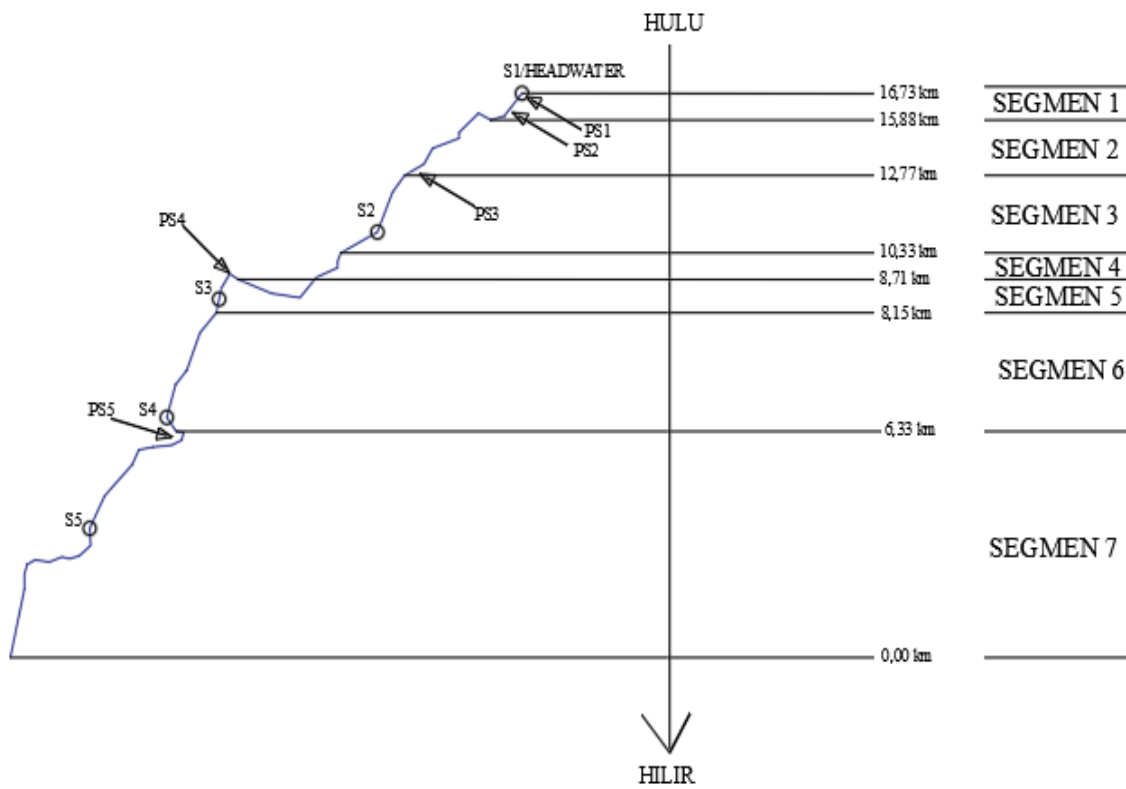
3.4.1.1 Pembagian Segmentasi Sungai

Dilakukan pemetaan di Sungai Opak untuk mengamati dan menganalisis kondisi wilayah penelitian yang meliputi aktivitas masyarakat yang ada di sepanjang aliran Sungai Opak daerah administrasi penelitian berupa aktivitas permukiman masyarakat, aktivitas pertanian, dan aktivitas industri. Aktivitas tersebut dapat diindikasikan dalam pembuangan proses sisa atau limbahnya ke badan sungai. Dalam menentukan kualitas air sungai dapat dilakukan meliputi kondisi fisik, kimia, dan biologi. Pembagian segmen di Sungai Opak dilakukan untuk menentukan kualitas pada segmen tersebut. Pada pembagian segmen sungai didasarkan yaitu karakteristik sepanjang aliran sungai. Adanya perbedaan karakteristik pada sungai tersebut dapat dilakukan pembagian segmen, seperti lebar sungai yang terlalu signifikan berbeda dapat dilakukan pembagian segmen. Kemudian kualitas sungai berupa banyaknya masukan sumber pencemar dari berbagai aktivitas dan adanya bendungan pada sungai tersebut.

Pada penelitian ini pembagian sungai berdasarkan masukan dari sumber pencemar sungai lain dan adanya bendungan di sungai tersebut. Adapun dalam pembagian segmen pada Sungai Opak dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Lokasi Segmen dan Titik Sampling Badan Sungai Opak



Gambar 3.4 Pembagian Segmen di Sungai Opak

Adapun wilayah penelitian yaitu dapat dilihat pada Tabel 3.1 berdasarkan daerah titik koordinat lokasi sampling badan air di Sungai Opak sebagai berikut.

Tabel 3.1 Titik Koordinasi Lokasi Sampling Badan Air

No	Kode Sampling	Lokasi	Latitude	Longnitude
1	S.1	Bendungan Karangploso	07°50'33.5"	110°26'42.7"
2	S.2	Jembatan Segoroyoso	07°52'36.5"	110°24'29.9"
3	S.3	Bendungan Blawong	07°52'44.5"	110°21'36.47"
4	S.4	Jembatan Sindet	07°53'37.7"	110°23'15.3"
5	S.5	Jembatan Barongan	07°54'37.3"	110°22'33.3"

Sumber pencemar yang masuk ke badan sungai pun dipertimbangkan dalam penelitian ini. Dikarenakan sumber pencemar titik (*point source*) dapat mempengaruhi kualitas pada sungai tersebut. Adapun pada Tabel 3.2 merupakan titik lokasi *point source* berdasarkan koordinatnya.

Tabel 3.2 Titik Koordinat Sumber Pencemar (*Point Source*)

No	Kode Sampling	Lokasi	Latitude	Longnitude
1	PS.1	Bendungan Karangploso	07°50'34.55"	110°26'41.15"
2	PS.2	Wiyoro Lor	07°50'50.08"	110°26'29.35"
3	PS.3	Situmulyo Segoroyoso	07°51'33.07"	110°25'26.42"
4	PS.4	Sungai Gajahwong	07°52'33.72"	110°23'42.72"
5	PS.5	Sungai Code	07°53'37.14"	110°23'12.25"

Pada setiap segmen dapat diketahui jarak dan ketinggian lokasi sampling. Dengan jarak dan ketinggian tersebut dapat mempermudah dalam pengolahan data dalam memodelkan suatu sumber pencemar yang masuk ke dalam badan sungai. Pada Tabel 3.3 jarak dan ketinggian lokasi sampling dan Tabel 3.4 jarak dan ketinggian lokasi sampling *point source*.

Tabel 3.3 Jarak dan Ketinggian Lokasi Sampling Badan Sungai

No	Latitude	Longitude	Jarak (km)	Elevasi (m)	
				Upstream	Downstream
1	07°50'33.5"	110°26'42.7"	16,7	74	54
2	07°52'36.5"	110°24'29.9"	10,38	54	49
3	07°52'44.5"	110°21'36.4.7"	8,62	49	45
4	07°53'37.7"	110°23'15.3"	6,37	45	39
5	07°54'37.3"	110°22'33.3"	2,75	39	27

Tabel 3.4 Jarak dan Ketinggian Lokasi Sumber Pencemar (*Point Source*)

No	Latitude	Longitude	Jarak (km)	Elevasi (m)	
				Upstream	Downstream
1	07°50'34.55"	110°26'41.15"	15,9	74	71
2	07°50'50.08"	110°26'29.35"	12,8	71	61
3	07°51'33.07"	110°25'26.42"	10,3	61	54
4	07°52'33.72"	110°23'42.72"	8,61	54	45
5	07°53'37.14"	110°23'12.25"	8,04	45	27

3.4.1.2 Pengambilan dan Pengujian Sampel

Pengambilan data primer dalam penelitian ini dengan mengetahui kualitas dan kuantitas serta kondisi eksisting pada Sungai Opak yang terlihat dari data pengambilan sampel yang dilakukan pada air sungai dengan kemudian dilakukan pengujian dan analisis guna mendapatkan data yang selanjutnya akan diolah sebagai model. Oleh karena itu penting dilakukan pengambilan dan pengujian pada kualitas dan kuantitas pada air sungai.

Dalam pengambilan dan pengujian sampel disesuaikan dengan parameter yang akan diuji dalam penelitian ini. Adapun dalam pengujian parameter yang akan dianalisis yaitu BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), NO₃ (nitrat), dan PO₄ (fosfat). Parameter BOD, COD, TSS, nitrat, dan fosfat merupakan parameter yang akan dimodelkan pada QUAL2Kw akan tetapi selain daripada parameter model data kualitas air sungai seperti: pH, suhu air sungai, suhu udara eksisting merupakan data penting

yang didapatkan secara langsung dilapangan dan mendapatkan data secara langsung dengan menggunakan metode yang telah ditentukan. Adapun berikut tahapan dalam pengambilan dan pengujian yang disesuaikan dengan parameter uji sebagai berikut:

A. Pemilihan Lokasi Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel uji dimana berperan penting dalam penantauan kualitas dalam ketelitian analisis dan ketepatan sistem pengambilan contoh akan mempengaruhi dalam data analisis yang akan dihasilkan. Adapun acuan dalam pengambilan sampel yaitu SNI 03-7016-2004 Tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Dalam Rangka Pemantauan Kualitas Air Pada Suatu Daerah Pengaliran Sungai. Dengan adanya acuan dalam pengambilan sampel diharapkan dalam pengambilan ketentuan sampe air sungai tidak dapat dilakukan secara sembarangan. Berikut adalah tahapan dalam penentuan lokasi pengambilan sampel:

- 1) Dasar pertimbangan lokasi pengambilan contoh untuk mendapatkan kesesuaian data yang harus diperhatikan dimana data yang akan digunakan terjamin ketelitiannya serta kebenaran dalam pemantauan kualitas air sungai dengan perlu penetapan dan pertimbangan lokasinya. Direncanakan penetapan lokasi pengambilan contoh yang tepat dengan pengaruh kualitas air sebelum dipertimbangkan adanya pengaruh aktivitas kegiatan manusia di lokasi hulu sungai yang dimaksudkan untuk mengetahui kualitas air secara alamiah. Sumber-sumber pencemaran yang masuk ke badan sungai secara langsung merupakan salah satu indikasi zat-zat yang berbahaya kedalam sumber air. Penetapan lokasi dimaksudkan untuk mengetahui sumber penyebaran bahan-bahan yang berbahaya, sehingga dapat ditanggulangi.
- 2) Perencanaan lokasi pengambilan lokasi dengan mempertimbangkan kegunaan data, pemanfaatan sumber air, pertimbangan sarana pengambilan contoh.
 - i) Dalam pertimbangan kegunaan data tahapannya yaitu perencanaan penetapan lokasi pengambilan contoh dengan mengetahui

kegunaan data kualitas air yang akan dilakukan pengujian. Dimana kegunaan data kualitas air yang akan dipantau yaitu sumber data untuk keperluan penelitian dan mengetahui terjadinya kasus pencemaran di suatu daerah tertentu terutama daerah pada penelitian dan pertimbangan beban pencemaran yang dibuang melalui sungai.

- ii) Pertimbangan pemanfaatan sumber air dengan penentuan lokasi pengambilan sampel uji dipengaruhi oleh bermacam-macam kepentingan pemanfaatan sumber air tersebut. Dengan adanya pemanfaatan sumber air yang ada di lokasi hilir sungai lebih besar risiko pencemarannya dibandingkan dengan pemanfaatan yang ada di hulu dengan pertimbangan tersebut dapat dilakukan pengawasan kualitas air.
- iii) Pertimbangan saran pengambilan sampel contoh dimana dalam penentuan lokasi pengambilan sampel contoh perlu dipertimbangkan fasilitas bangunan yang ada pada sumber air yang akan diambil, dimana dapat dimanfaatkan sarana dalam pengambilan contoh sampel agar adanya kemudahan dalam pengambilannya. Adapun beberapa sarana yang dapat dimanfaatkan dalam pengambilan contoh yaitu:
 - Jembatan, dapat dilakukan pengambilan sampel di jembatan agar lebih mudah dalam pelaksanaannya dan titik pada pengambilan contoh dapat diidentifikasi secara pasti.
 - Pos pengukuran debit air, dimana pos pengukur debit air sungai kebanyakan dilengkapi dengan pencatat tinggi muka air berupa alat otomatis ataupun lintasan tali (*cable way*). Sarana tersebut dapat dimanfaatkan dalam membantu pengambilan contoh sampel. Data air dapat pula dimanfaatkan apabila diperlukan.
 - Bendungan, dilakukan pengambilan sampel di bendungan dapat memudahkan karena pada lokasi tersebut umumnya terdapat pengukur debit serta catatan-catatan lain yang berguna untuk elevasi kualitas air.

3) Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh

Dalam pengambilan lokasi contoh dapat dilakukan pada lokasi yang direncanakan sedemikian rupa sehingga dalam estimasi waktu tidak memakan banyak waktu dan tenaga. Serta diketahui kualitas air alamiah dan perubahan air yang diakibatkan oleh aktivitas kegiatan manusia yang ada disekitar sepanjang aliran sungai tersebut. Dengan dilakukan pengukuran pada lokasi di hulu sungai yang belum mengalami perubahan oleh kegiatan manusia. Sedangkan perubahan kualitas air dapat diketahui di hilir sungai, setelah melalui suatu daerah permukiman, industri maupun pertanian.

4) Persyaratan Alat Pengambilan Contoh

Dalam penentuan pengambilan contoh sampel air di suatu perairan dapat digunakan contoh alat pengambilan yang harus memenuhi persyaratan yaitu sebagai berikut:

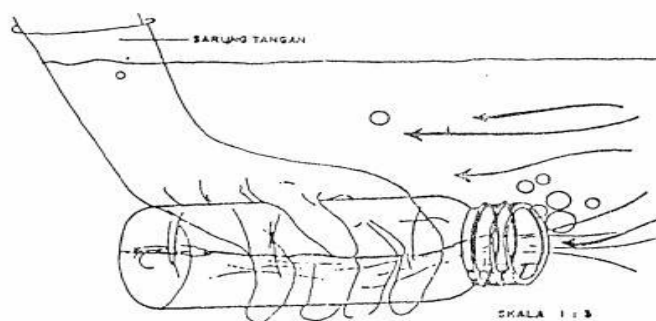
- i) Bahan yang digunakan sebagai pengambilan contoh merupakan bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh tersebut (misalnya dalam keperluan pemeriksaan logam, alat pengambilan contoh tidak terbuat dari logam);
- ii) Mudah dibersihkan atau dicuci dari bekas contoh sebelumnya;
- iii) Contoh yang mudah dipindahkan ke dalam botol wadah atau botol penampungan dengan tanpa ada sisa bahan tersuspensi didalamnya;
- iv) Kapasitas yang digunakan dengan yaitu 1 sampai 5 liter tergantung dari maksud dari periksaan dan pengujiannya;
- v) Mudah dan aman dibawa.

5) Jenis-jenis Alat Pengambilan Contoh

Jenis alat pengambilan contoh ada beberapa jenis alat pengambilan contoh yang dapat digunakan meliputi yaitu alat pengambilan contoh sederhana berupa sebagai berikut:

- i) Dapat digunakan seperti botol biasa atau ember plastik dengan penggunaannya pada permukaan air secara langsung;

- ii) Botol biasa yang diberi pemberat yang digunakan pada kedalaman tertentu;



Botol Biasa Secara Langsung

Gambar 3.5 Pengambilan Sampel Air Permukaan SNI 06-2412-1991

6) Titik Pengambilan Contoh

Pada titik pengambilan contoh sampel dilakukan di sungai daerah penelitian. Di sungai sendiri titik pengambilan contoh dengan ketentuan penjelasan sebagai berikut:

- i) Sungai dengan debit kurang dari $5 \text{ m}^3/\text{detik}$, contoh diambil pada satu titik di tengah sungai pada $0,5 \times$ kedalaman dari permukaan air;
- ii) Sungai dengan debit antara 5 sampai dengan $150 \text{ m}^3/\text{detik}$, contoh diambil pada dua titik masing-masing pada jarak $1/3$ dan $2/3$ lebar sungai pada $0,5 \times$ kedalaman dari permukaan sungai;
- iii) Sungai dengan debit lebih dari $150 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan contoh diambil minimum pada enam titik masing-masing pada jarak $1/4$, $1/2$, dan $3/4$ lebar sungai pada $0,2 \times$ dan $0,8 \times$ kedalaman pada permukaan air.

Penentuan parameter yang akan diuji disesuaikan dengan hal yang dianalisis oleh peneliti terhadap suatu kualitas air sungai tersebut. Dengan diketahuinya keperluan atau kepentingan dari pemantauan yang akan dilakukan dengan penetapan parameter-parameter penting untuk diperiksa sesuai dengan pemanfaatan airnya dan batasan kadar dari parameter-parameter tersebut sesuai dengan standar kualitas air yang telah ditetapkan.

Adapaun dalam pengambilan sampel air dengan pengujian parameter-parameter yang diinginkan dalam perlakuan pengambilannya memiliki perbedaan. Perbedaan ini merupakan hal yang diinginkan terhadap hasil tersebut sesuai dengan prosedur yang ditetapkan. Perbedaan tata cara pengambilannya sesuai dengan wadah yang boleh digunakan dan perlakuan yang boleh dilakukan dan yang tidak boleh dilakukan.

B. Metode Pengawetan Sampel

Dalam metode pengawetan sampel dimana diharapkan sampel yang diambil tidak mengubah unsur didalamnya pada beberapa pengujian parameter yang benar-benar dikhususkan untuk kondisi air pada saat dilakukan pengambilan. Berikut ini merupakan pengawetan sampel yaitu:

1) Pengawetan cara fisika

Dalam perlakuan pengawetan cara fisika dimana dilakukan dengan cara pendinginan contoh pada suhu 4 °C atau dilakukan pembekuan.

2) Pengawetan cara kimia

Pengawetan yang dilakukan secara kimia dilakukan tergantung pada jenis parameter yang akan diawetkan. Beberapa cara pengawetan adalah sebagai berikut:

- i) Pengasaman, yaitu penambaham asam nitrat pekat atau asam klorida pekat atau asam sulfat pekat ke dalam contoh sampai $\text{pH} < 2$;
- ii) Penambahan biosoda ke dalam contoh, jenis biosida dan dosisnya;
- iii) Penambahan larutan basa (biasanya larutan natrium hidroksida, NaOH) kedalam contoh $\text{pH} 10 - 11$.

Berikut adalah cara pengawetan berdasarkan parameter yang digunakan dalam pengambilan contoh uji:

- Pengawetan sampel uji BOD

Pengawetan terhadap sampel untuk pengujian BOD dapat dilakukan dengan meletakkan sampel pada ruang pendingin dan wadah sampel yang sesuai dengan pewadahan untuk BOD.

- Pengawetan sampel uji COD
Pengawetan dalam contoh uji tidak dapat segera uji, maka contoh uji diawetkan dengan menambahkan H₂SO₄ pekat sampai pH lebih kecil dari 2 dan disimpan dalam pendingin pada temperatur 4 °C ± 2 °C dengan waktu simpan maksimum yang direkomendasikan 7 hari.
- Pengawetan sampel uji TSS
Mengawetkan contoh uji pada suhu 4 °C, untuk meminimalkan dekomposisi mikrobiologikal terhadap padatan. Contoh uji sebaiknya disimpan tidak lebih dari 24 jam.
- Pengawetan sampel uji Nitrat
Pengawetan sampel uji nitrat dapat dilakukan apabila contoh uji tidak dapat segera dilakukan uji atau penundaan dalam pengujian secara langsung di laboratorium ketika dari pengambilan contoh uji ke pengujian. Maka contoh uji dapat diawetkan dengan perlakuan sebelum diawetkan. Pengawetan dapat dilakukan dengan memperhatikan wadah dan kondisi dalam penyimpanannya. Dimana wadah yang digunakan dapat menggunakan botol plastik (*polyrthylene*) atau botol gelas. Pengawetan dan lamanya pengawetan dapat dilakukan dengan menambahkan H₂SO₄ sampai dengan pH lebih kecil dari 2. Dengan lama menyimpanan 28 hari dengan kondisi suhu penyimpanan 4 °C ±2 °C.

C. Pengepakan dan Pengangkutan Sampel

Pengepakan dilakukan ketika mobilisasi atau perpindahan uji sampel ke tempat tujuan tidak terjadi kerusakan yang berarti atau timbulnya kerusakan pada uji sampel dalam keadaan yang tidak diinginkan sehingga menghambat pengujian di laboratorium nantinya. Contoh yang telah dimasukkan ke dalam wadah, kemudian dilakukan pemberian tanda berupa label agar mudah dalam pengenalannya. Dimana label tersebut dengan mencantumkan keterangan mengenai lokasi pengambilan, serta keterangan mengenai tanggal dan jam pengambilan, cuaca, jenis pengawetan yang ditambahkan, petugas yang mengambil contoh. Wadah-wadah contoh yang telah ditutup rapat kemudian

dapat dimasukkan ke dalam kotak yang telah dirancang secara khusus agar contoh tidak tumpah selama pengangkutan ke laboratorium.

D. Metode Analisis Sampel

Dalam pengujian kualitas air sungai tentulah ingin diketahui besaran kandungan pencemar yang terkandung didalamnya berdasarkan kebutuhan yang diinginkan. Air sampel dapat dilakukan pengujian berdasarkan parameter yang ingin diketahui dengan mengacu pada standar nasional Indonesia (SNI) terkait pengujian parameter kualitas yang akan dianalisis berikut Tabel 3.5 metode analisis dalam pengujian sampel air berdasarkan standar nasional Indonesia (SNI).

Tabel 3.5 Metode Analisis Dalam Pengujian Sampel Air

Parameter	Metode	Sumber Acuan	Satuan
BOD	Titrimetri	SNI 06-6989.72-2009 Tata Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/ BOD)	mg/L
COD	Titrimetri	SNI 06-6989.2-2009 Tata Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/ COD) dengan Refluks Tertutup Secara Tetrimetri	mg/L
TSS	Gravimetri	SNI 06-6989.3-2004 Tata Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri	mg/L
NO ₃	Spektofotometri	SNI 06-6989.79-2011 Tata Cara Uji Nitrat dengan Spektofotometer UV-VIS Secara Reduksi Kadmium	mg/L
PO ₄	Spektofotometri	SNI 06-6989.31-2005 Tata Cara Uji Kadar Fosfat dengan Spektofotometer Secara Asam	mg/L

Parameter	Metode	Sumber Acuan	Satuan
		Askorbat	

Berikut merupakan metode pengujian sampel yang telah disesuaikan dengan parameter yang digunakan:

1) *Biological Oxygen Demand* (BOD)

BOD yaitu *Biochemical Oxygen Demand* merupakan menentukan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba untuk mengoksidasi bahan organik karbon dalam suatu perairan. Metode uji BOD sesuai dengan SNI 06-6989.72:2009. Dalam prinsipnya uji ditambahkan ke dalam larutan pengencer jenuh oksigen yang telah ditambahkan kedalam larutan nutrisi, kemudian diinkubasikan dalam ruang gelap pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan waktu selama 5 hari. Nilai BOD yang dihitung dengan berdasarkan selisih konsentrasi oksigen terlarut pada 0 (nol) hari dan 5 (hari). Bahan kontrol standar dalam uji BOD ini, digunakan larutan glukosa-asam glutamat.

2) *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD yaitu *Chemical Oxygen Demand* merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk menguraikan semua senyawa organik yang ada di perairan secara total. Metode uji COD sesuai dengan SNI 06-6989.2:2009. Dalam metode pengujian COD metode yang digunakan yaitu penentuan oksigen kimiawi dalam air limbah dengan refluks tertutup secara spektrofotometri.

3) *Total Suspended Solid* (TSS)

Padatan tersuspensi total (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi yang terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah dan erosi tanah yang terbawa ke badan air. Pengukuran TSS merupakan salah satu dari pengukuran parameter fisik. Adapun untuk pengujian TSS berdasarkan SNI 06-6989.3-2004. Contoh uji yang telah dihomogenkan kemudian disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Diketahui residu yang tertahan pada kertas saringan dengan dilakukan peringan sampai mencapai berat konstan pada suhu 104

$^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Terjadinya kenaikan berat kertas saringan dapat mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Jika padatan tersuspensi menghambat saringan dan memperlama penyaringan, diameter kertas saring perlu diperbesar atau mengurangi volume contoh uji. Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total.

4) Nitrat (NO_3)

Pengujian nitrat dilakukan terhadap kualitas suatu sungai dimana mengenai nitrat merupakan bentuk nitrogen yang dinamis dan menjadi bentuk yang paling dominan pada limpasan (*run-off*), masukam sungai, keluarnya air tanah dan deposisi atmosfer ke laut. Nitrat merupakan fraksi nitrogen yang tidak stabil dan mudah teroksidasi menjadi senyawa nitrat (NO_3). Pengujian nitrat ini mengacu pada SNI 06-6989.79:2011. Dalam prinsipnya senyawa nitrat dalam contoh uji direduksi menjadi nitrit oleh kamium (Cd) yang dilapisi dengan tembaga (Cu) dalam suatu kolom. Nitrit total yang terbentuk bereaksi dengan sulfanilaid dalam suasana asam menghasilkan senyawa diazonium. Senyawa diazonium kemudian bereaksi dengan *N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride* (NED) yang berwarna merah ansoorbansinya dengan spektrofotometer.

5) Fosfat (PO_4)

Dalam pengujian fosfat dalam mengetahui kualitas dalam suasana sungai dimana parameter fosfat sebagai beban pencemar yang diperhitungkan dimana di daerah pertanian ortofosfat berasal dari bahan pupuk masuk ke dalam sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Adapun pengujian air dan air limbah uji fosfat dengan spektrofotometer secara asam askorbat. Dalam pengujian parameter fosfat ini mengacu pada SNI 06-6989.31-2005. Dalam suasana asam, anonium molibdat dan kalium antimonil tartrat beraksi dengan ortofosfat membentuk senyawa asam fosfomaolibdat kemudian direduksi oleh asam askorbat menjadi kompleks biru molibden.

3.4.1.3 Pengukuran Data Lapangan

Beberapa data yang diperlukan dalam pemodelan yang kemudian akan diperoleh dengan pengukuran secara langsung di lapangan. Adapun pengukuran data lapangan yang dilakukan diantaranya sebagai berikut:

1) Koordianat

Data koordinat dengan penentuan koordianat meliputi letak lintang dan bujur serta elevasi lokasi pengambilan sampel dengan menggunakan GPS.

2) Kecepatan Angin

Dalam pengukuran kecepatan angin dilakukan ketika pengambilan sampel air sungai dengan dilakukan menggunakan alat Anemometer. Pengukuran angin pada prinsipnya berkaitan dengan kecepatan angin adalah mengujur hembusan angin yang meniup baling-baling pada Anemometer yang berfungsi sebagai reseptor. Dari putaran baling-baling tersebut terukurlah kecepatan angin.

3) Debit air

Penentuan nilai debit air di suatu perairan terutama pada daerah penelitian didapatkan dengan kecepatan aliran air sungai dan pengukuran luas penampang sungai terlebih dahulu. Kemudian pengukuran kecepatan alir dilakukan dengan menggunakan alat curentmeter yang memiliki baling-baling sebagai reseptor. Curentmeter dimasukan kedalam aliran air sungai, dimana aliran air akan memutar baling-baling dan tercatatlah kecepatannya. Luas penampang sungai diperoleh dengan mengukur lebar dan kedalaman sungai. pengukuran lebar sungai dilakukan pada lokasi yang memungkinkan seperti jembatan dengan menggunakan meteran. Sedangkan kedalaman dilakukan dengan menggunakan tampar (tali berpemberat) yang kemudian dijatuhkan dan diukur panjang tampar yang basah. Sama halnya dengan pengukuran lebar, pengukuran kedalaman pun dilakukan pada lokasi yang memungkinkan seperti lokasi yang memiliki pijakan.

4) Temperatur

Pengukuran temperatur terhadap suhu air pada sungai dilakukan sesuai dengan SNI 06-6989.23-2005 dengan menggunakan thermometer. Dengan

bagian dari thermometer yang cairan merah dicelupkan ke dalam air selama kurang lebih 3 menit dan tunggu hingga stabil. Setelah digunakan thermometer dibasuh dengan akuades dan langsung diperlakukan pada tempatnya tanpa tersentuh dengan tangan sehingga suhu tidak terpengaruhi oleh suhu tubuh.

5) Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman diukur dengan menggunakan alat pH meter. Dimana suatu ujung yang berfungsi sebagai reseptor dicelupkan ke dalam air kemudian dilihat pH yang terukur hingga angka yang tertera pada layar stabil.

3.4.2 Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder yaitu berupa peta rupa bumi dan kualitas air Sungai Opak. Data sekunder berupa peta rupa bumi dan data hasil kualitas air Sungai Opak didapatkan dari instansi yang terkait yaitu instansi Pemerintah Badan Lingkungan Hidup D.I Yogyakarta.

3.5 Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh dari data primer dan sekunder kemudian akan diolah dan dimasukkan dalam pemodelan QUAL2Kw. Berikut merupakan tahapan-tahapan dalam pengolahan data:

3.5.1 Input Data Pemodelan QUAL2Kw

Data hasil pengukuran di lapangan dan hasil sampling kualitas air yang telah dilakukan selanjutnya diinput ke dalam program QUAL2Kw. Adapun data yang diinput pada model QUAL2Kw berdasarkan *sheet* yang telah tersedia di program QUAL2Kw, dengan langkah-langkah yaitu data yang diinput meliputi lokasi, tanggal, pilihan-pilihan kontrol integrasi numerik, debit dan konsentrasi-konsentrasi parameter di hulu pada *sheet headwater*. Kemudian melakukan input data seperti temperatur udara, kecepatan angin, tutupan awan, naungan, parameter redaman cahaya, pilihan untuk model radiasi matahari, penguapan, dan radiasi gelombang panjang konsentrasi. Menginput kualitas hidrolika sungai dan sumber pencemar *point source* dan *diffuse source*, panjang arus, elevasi, geometri hidrolika, , parameter untuk laju dan konstanta kinetika kualitas air.

3.5.2 Kalibrasi Data

Uji kalibrasi atau uji kemampuan prakiraan model untuk memperoleh nilai variabel-variabel dalam model yang umumnya yang bersifat spesifik lokasi. Untuk pemodelan transport kontaminan dalam air sungai. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara coba ulang atau *trial and error* terhadap parameter-parameter kualitas air.

3.5.3 Validasi Data

Uji validasi atau verifikasi adalah untuk menguji model matematis tersebut masuk akal atau tidak, terutama yang menyangkut relasi antar komponen, dan juga menguji program komputer yang umum digunakan sebagai alat bantu dalam menyajikan solusi numerik tersebut. Untuk menguji validasi model pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan parameter air sungai hasil dari kalibrasi dan dengan menggunakan seri data yang berbeda pada proses kalibrasi. Validasi model dilakukan dengan menentukan data uji laboratorium tahun 2017 sedangkan koefisien parameter mengikuti hasil kalibrasi.

Apabila hasil validasi menunjukkan beda rentang antara data pengukuran dan model masih memenuhi kriteria uji, maka model signifikan untuk dijalankan. Pada Gambar 3.1 diagram alir penelitian bagian bagan validasi data apabila data menunjukkan “ya” adalah validasi model dilakukan dengan kriteria statistik yaitu uji kesesuaian model yang dihasilkan dengan data kualitas air yang sebelumnya diinput dalam proses pemodelan memenuhi kriteria uji, berarti model signifikan untuk digunakan. Apabila “tidak” sesuai maka validasi model dilakukan berbeda antara pengukuran lapangan dengan hasil model tidak memenuhi kriteria uji, dengan demikian model secara signifikan tidak bisa digunakan. Berikut adalah rumus perhitungan uji validasi.

$$\text{RMSPE} = \sqrt{\frac{1}{n} \left[\sum_{n=1}^n \left(\frac{St - At}{At} \right)^2 \right]} \times 100\%$$

Dimana,

RMSPE : Root Mean Square Percent Error

St : Nilai simulasi pada waktu t

At : Nilai aktual pada waktu t

N : Jumlah pengamatan (t=1,2,...,n)

3.6 Simulasi Model

Simulasi model yang telah terkalibrasi dengan baik dimodifikasi untuk melihat variable-variabel dalam menghasilkan output yang diinginkan. Untuk melakukan pengolahan pencemaran di badan air sungai, maka perlu dibuat simulasi strategi penurunan beban cemar dan diolah dengan menggunakan model QUAL2Kw. Simulasi model QUAL2Kw dilakukan dengan 3 skenario yang ditunjukkan pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.6 Skenario Model QUAL2Kw

Skenario	Kualitas Air di Hulu	Sumber Pencemar	Kualitas Air Sungai
1	Eksisting	Eksisting	Model
2	Eksisting	<i>Trial & error</i>	BMA Kelas II
3	Eksisting	Tidak ada pencemar	Model

Adapun dalam penelitian ini beberapa skenario dilakukan beberapa simulasi diantaranya:

- **Skenario 1**

Merupakan simulasi sesuai dengan kondisi eksisting saat tahun 2017, dimana data yang diinput sesuai hasil dari pembentukan model. Pada skenario ini data eksisting kualitas air dari hulu akan diinput dalam program QUAL2Kw.

- **Skenario 2**

Simulasi dengan mengasumsikan kondisi sungai penuh dengan beban pencemar. Dimana kualitas dari *point source* dan *non-point source* diasumsikan sedemikian rupa sehingga menghasilkan kualitas air sungai yang memenuhi dan mendekati baku mutu badan air kelas II. Pada simulasi skenario ini kualitas air setelah hulu sungai diusahakan memenuhi baku mutu air kelas tiga karena untuk menghitung daya tampung pada sungai dan besaran sumber pencemaran berdasarkan *trial and error*.

- Skenario 3

Kualitas badan air dari hulu hingga hilir dikondisikan tidak tercemar oleh sumber pencemar baik *point source* maupun *non-point source*. Kondisi di hulu diasumsikan telah memenuhi baku mutu. Kualitas air di hulu Sungai Opak telah sesuai dengan baku mutu. Pada skenario ini dilakukan untuk memenuhi proses *self*-purifikasi sungai jika tidak ada beban pencemar yang masuk. Kualitas limbah dari sumber pencemar *non-point source* dianggap memenuhi baku mutu air limbah.

3.7 Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar di Sungai Opak

Perhitungan daya tampung pencemar beban di Sungai Opak merupakan nilai dari kemampuan badan air menerima beban pencemar yang masuk dan beban maksimum toleransi oleh badan penerima. Dimana beban cemar perhari dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \text{Debit} \left(\frac{\text{L}}{\text{detik}} \right) \times \text{Konsentrasi} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \\ &= \frac{\text{Beban Pencemar} \times \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times 86.400}{1000000} \end{aligned}$$

Setelah dihitung beban pencemar perhari dengan menggunakan skenario 2 dan skenario 3. Pada skenario 2 merupakan hasil simulasi beban pencemar yang masuk ke badan sungai sebagai beban maksimal sungai sedangkan skenario 3 disimulasikan sebagai kondisi awal tanpa adanya beban pencemar dengan menghilangkan sumber pencemarnya. Dari kedua skenario tersebut didapatkan hasil berupa debit dan besarnya konsentrasi beban pencemar di setiap segmen. Adapun rumus daya tampung sebagai berikut.

$$\text{Daya Tampung} = \text{Beban Pencemar Maksimal (Skenario 2)} - \text{Beban Pencemar Minimal (Skenario 3)}$$

3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dalam penelitian terkait menjawab dari tujuan yang telah disusun dalam penelitian. Sedangkan saran berupa masukan yang diberikan oleh penulis atas apa yang telah dilakukan dalam penelitian.