

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Sungai**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang sungai, Sungai adalah alur atau wadah air alami dan atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan.

Sungai merupakan saluran terbuka yang terbentuk secara alami di atas permukaan bumi, tidak hanya menampung air tetapi juga mengalirkannya dari bagian hulu menuju ke bagian hilir dan ke muara (Junaidi, 2014). Menurut Putra (2014), sungai dapat diartikan sebagai aliran terbuka dengan ukuran geometrik (tampak lintang, profil memanjang dan kemiringan lembah) berubah seiring waktu, tergantung pada debit, material dasar dan tebing, serta jumlah dan jenis sedimen yang terangkut oleh air. Berdasarkan pendapat di atas dapat diambil kesimpulan bahwa sungai merupakan wadah atau alur alami maupun buatan yang didalamnya tidak hanya menampung air akan tetapi juga mengalirkan mulai dari hulu menuju muara.

Menurut Junaidi (2014), proses terbentuknya sungai berasal dari mata air yang mengalir di atas permukaan bumi. Proses selanjutnya aliran air akan bertambah seiring dengan terjadinya hujan, karena limpasan air hujan yang tidak dapat diserap bumi akan ikut mengalir ke dalam sungai. Perjalanan dari hulu menuju hilir, aliran sungai secara berangsur-angsur menyatu dengan banyak sungai lainnya, Penggabungan ini membuat tubuh

sungai menjadi semakin besar. Peraturan Pemerintah RI No. 38 tahun 2011, 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 laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan disebut dengan daerah aliran sungai (DAS).

Undang-undang No. 7 Tahun 2004 tentang SDA memaparkan bahwa DAS memiliki bagian yang disebut dengan sub DAS yaitu yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama. Setiap DAS terbagi habis ke dalam Sub-sub DAS. Adapun pada sempadan sungai memiliki aturan untuk perlindungan kawasan sungai dan sekitarnya sungai yang terdapat di kawasan sendiri dengan sempadan 5 – 10 meter berupa jalur hijau atau jalan inspeksi. Menurut Asdak (2007: 4), DAS merupakan suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya kelaut melalui sungai utama. Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air (catchment area) yang merupakan suatu ekosistem yang unsur utamanya terdiri atas sumber daya alam (tanah, air dan vegetasi) dan sumber daya manusia sebagai pemanfaat sumber daya alam.

## **2.2. Analisis Hidrologi**

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya, dan

hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup. Penerapan ilmu hidrologi dapat dijumpai dalam beberapa kegiatan seperti perencanaan dan operasi bangunan air, penyediaan air untuk berbagai keperluan, pembangkit listrik tenaga air, pengendalian banjir, pengendalian erosi dan sedimentasi. Indarto (2016) menyatakan hidrologi merupakan ilmu bumi (*Geoscience atau Science de la Terre*) yang secara khusus mempelajari tentang siklus hidrologi atau siklus air di permukaan bumi dengan berbagai macam konsekuensinya. Analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan air. Analisis hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit rencana pada suatu perancangan bangunan air. Data yang diperlukan dalam analisis hidrologi diantaranya data curah hujan dan data penggunaan luas lahan (*catchment area*).

### **2.2.1. Curah Hujan**

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah dasar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter di atas permukaan horizontal. Dalam penjelasan lain curah hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Indonesia merupakan negara yang memiliki angka curah hujan bervariasi dikarenakan daerahnya yang berada pada ketinggian yang berbeda-beda. Curah hujan 1 (satu) milimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter tempat yang

datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air setinggi 1 liter (Triatmodjo, 2008).

#### 1. Uji Konsistensi Data

Data hujan disebut konsisten jika data yang terukur dan dihitung adalah teliti dan benar serta sesuai dengan fenomena saat hujan itu terjadi. Metode yang digunakan untuk mengoreksi data dengan cara *Double Mass Curve* (Kurva Massa Ganda) yang menggambarkan grafik hubungan antara curah hujan kumulatif stasiun yang diuji dengan curah hujan kumulatif stasiun disekitarnya.

#### 2. Curah Hujan Kawasan

Luasnya daerah penelitian dan terdapat hanya satu stasiun curah hujan, curah hujan kawasan ditentukan dengan menggunakan metode rata-rata aritmatik (aljabar). Metode ini paling sederhana, pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang berada dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS tangkapan yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Metode rata-rata aljabar memberikan hasil yang baik apabila :

- Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS
- Distribusi hujan relative merata pada seluruh DAS (Triatmodjo, 2008)

Data untuk perhitungan curah hujan rata-rata maksimum dari beberapa stasiun menggunakan cara aljabar dengan formulasi :

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 \dots \dots \dots + R_n) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

R = Curah hujan daerah (mm)

N = Jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

(R1, R2, ..., Rn) = Curah hujan di tiap titik pengamatan

### 3. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramal besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Berdasarkan curah hujan rencana tersebut kemudian dicari intensitas hujan yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana (Sosrodarsono & Takeda, 1977).

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, yaitu distribusi normal, distribusi Log-Normal, distribusi Log-Person III, dan distribusi Gumbel. Sebelum menghitung curah hujan wilayah dengan distribusi yang ada dilakukan terlebih dahulu pengukuran dispersi untuk mendapatkan parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana (Suripin, 2004).

Analisa frekuensi curah hujan diperlukan untuk menentukan jenis sebaran (distribusi) yang mempunyai parameter statistik sebagai berikut :

#### a. Curah hujan rata-rata (x)

$$x = \frac{\sum xi}{n} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

$\Sigma xi$  = Jumlah curah hujan

$n$  = Jumlah data

b. Standar Deviasi (s)

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(xi - x)^2}{n - 1}} \dots \dots \dots (3)$$

c. Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{\sqrt{\frac{n\Sigma(xi - x)^3}{(n - 1)(n - 2)(S^3)}}}{S^3} \dots \dots \dots (4)$$

d. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{x} \dots \dots \dots (5)$$

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{\sqrt{\frac{n^3\Sigma(xi - x)^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)(S^4)}}}{S^4} \dots \dots \dots (6)$$

#### 4. Distribusi Curah Hujan

Tujuan dari analisa distribusi frekuensi curah hujan adalah untuk memperkirakan besarnya variate-variate masa ulang tertentu. Untuk menganalisis probabilitas banjir biasanya dipakai beberapa macam distribusi yaitu:

a. Metode Gumbel

Rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan curah hujan rencana menurut metode Gumbel adalah sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + s.K \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

$X_T$  = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$\bar{X}$  = Nilai tengah sampel

$s$  = Standar deviasi sampel

$K$  = Faktor frekuensi

#### b. Metode Log Person Type III

Pada situasi tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi sudah dikonversi kedalam bentuk logaritmis, ternyata kedekatan antara data dan teori tidak cukup kuat untuk menyimpulkan pemakaian distribusi Log-Normal (Suripin, 2004).

Person telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep yang melatar belakangi pemakaian distribusi Log-Normal untuk banjir puncak, maka distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya (Suripin, 2004).

Ada tiga parameter penting dalam Log-Person III, yaitu harga rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan. Yang menarik, jika koefisien kemencengan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log-Normal (Suripin, 2004).

Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log-Person III :

- Ubah data ke dalam bentuk logaritmis dari  $X_i$  menjadi  $\text{Log } X_i$ .
- Hitung harga rata-rata

$$\text{Log } X_T = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Log} X_i}{n} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

$X_i$  = titik tengah tiap interval kelas (mm)

$X_{rt}$  = rata-rata hitungan (mm)

$n$  = Jumlah kelas

- Hitung harga simpangan baku

$$S = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log} X_{rt})^2}{n - 1} \right]^{0,5} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan :

$S$  = titik tengah tiap interval kelas (mm)

$X_{rt}$  = rata-rata hitungan (mm)

$n$  = Jumlah kelas

- Hitung koefisien kemencengan

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log} X_{rt})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan :

$C_s$  = Koefisien kemencengan

$X_i$  = titik tengah tiap interval kelas (mm)

$X_{rt}$  = rata-rata hitungan (mm)

$n$  = Jumlah kelas

- Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T

dengan rumus :

$$\text{Log} X_i = \text{Log} X_{rt} + K \cdot s \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan :

$S$  = Standar deviasi

$X_i$  = titik tengah tiap interval kelas (mm)

$X_{rt}$  = rata-rata hitungan (mm)

$k$  = variable standar

c. Distribusi Log-Normal

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode ini adalah sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan :

$X_T$  = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$\bar{X}$  = Nilai tengah sampel

$S_d$  = Standar deviasi sampel

$K_T$  = Faktor frekuensi

5. Uji Kecocokan Distribusi Data

Uji keselarasan dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang nyata antara besarnya debit maksimum tahunan hasil pengamatan lapangan dengan hasil perhitungan. Uji keselarasan dapat dilaksanakan dengan uji chi-kuadrat dan SmirnovKolmogorov (Soewarno, 1991).

a. Metode *Chi-Kuadrat*

Uji keselarasan chi-kuadrat menggunakan rumus :

$$X^2 Cr = \sum_{i=1}^n \frac{(Efi - Ofi)^2}{Efi} \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan :

$X^2Cr$	= Harga <i>Chi-Kuadrat</i>
$Efi$	= Banyaknya frekuensi yang diharapkan
$Ofi$	= Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama
$n$	= Jumlah data

Suatu distrisbusi dikatakan selaras jika nilai  $X^2$  hitung < dari  $X^2$  kritis. Dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan chi-kuadrat kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5 %. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DK = K - (a + 1) \dots\dots\dots(14)$$

$$K = 1 + 3,332 \log n \dots\dots\dots(15)$$

$$Ei = \frac{n}{K} \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan :

$DK$  = derajat kebebasan

$K$  = jumlah kelas

$a$  = banyaknya keterikatan (banyaknya parameter),  
untuk uji chi-kuadrat adalah 2

$n$  = Jumlah data

$Ei$  = nilai yang diharapkan

## 6. Debit Banjir Rencana Metode Rasional

Pada penelitian ini menggunakan metode Rasional. Metode ini digunakan dengan anggapan bahwa Daerah Pengaliran Sungai memiliki :

- a. Intensitas curah hujan merata diseluruh DPS dengan durasi tertentu.
- b. Lamanya curah hujan = waktu konsentrasi dari DPS
- c. Puncak banjir dan intensitas curah hujan mempunyai tahun berulang yang sama.
- d. Luas DAS < 300 Km<sup>2</sup>

$$Q_p = \frac{C_{xI}xA}{3,60} \dots\dots\dots (17)$$

Keterangan :

$Q_p$  = Koefisien limpasan air hujan

$I$  = Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi  
(mm/jam)

$A$  = Luas daerah pengaliran (Km<sup>2</sup>)

$Q$  = Debit maksimum (m<sup>3</sup>/det)

Yang perlu mendapat catatan dalam penggunaan rumus di atas adalah bahwa lama hujan  $t_r$  yang dipertimbangkan harus lebih besar dari waktu konsentrasi DAS  $t_c$  , yang mengasumsikan bahwa laju debit setelah waktu konsentrasi tidak bertambah lagi karena infiltrasi sudah konstan. Asumsi ini terutama berlaku untuk DAS kecil (< 100 km<sup>2</sup> ). Rumus untuk menghitung waktu konsentrasi yang paling banyak digunakan rumus Kirpich berikut:

$$t_c = (11,9 L^3/h)^{0,385} \dots\dots\dots(18)$$

Keterangan :

$t_c$  = waktu konsentrasi (jam)

$L$  = Panjang sungai utama (km)

$h$  = beda elevasi antara titik tertinggi dan terendah dari DAS (m)

Intensitas  $i$  diperoleh dari kurva intensity duration curve (IDF) untuk periode ulang yang dipilih dengan lama hujan sama dengan waktu konsentrasi DAS. Kurva IDF dapat diperoleh dari rumus Meyer (1928) berikut:

$$i = a/(b + t_r) \dots\dots\dots(19)$$

Dimana  $a$  dan  $b$  adalah koefisien regresi yang diperoleh secara grafis atau metode kuadrat kecil.

### 2.3. Banjir

Banjir dalam pengertian umum adalah debit aliran air sungai dalam jumlah yang tinggi, atau debit aliran air di sungai secara relatif lebih besar dari kondisi normal akibat hujan yang turun di hulu atau di suatu tempat tertentu terjadi secara terus menerus, sehingga air tersebut tidak dapat ditampung oleh alur sungai yang ada, maka air melimpah keluar dan menggenangi daerah sekitarnya (Peraturan Dirjen RLPS No.4 tahun 2009).

Banjir merupakan peristiwa dimana daratan yang biasanya kering (bukan daerah rawa) menjadi tergenang oleh air, hal ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan kondisi topografi wilayah berupa dataran rendah hingga cekung. Selain itu, terjadinya banjir juga dapat disebabkan oleh limpasan air permukaan (*runoff*) yang meluap dan volumenya melebihi kapasitas pengaliran sistem drainase atau sistem aliran sungai. Terjadinya bencana banjir juga disebabkan oleh rendahnya kemampuan infiltrasi tanah, sehingga menyebabkan tanah tidak mampu lagi menyerap air. Banjir dapat terjadi akibat naiknya permukaan air lantaran curah hujan

yang diatas normal, perubahan suhu, tanggul/bendungan yang bobol, pencairan salju yang cepat, terhambatnya aliran air di tempat lain (Ligal, 2008).

Yang termasuk sebab alami diantaranya :

1. Curah hujan

Pada musim penghujan curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan banjir di sungai dan bilamana melebihi tebing sungai, maka akan timbul banjir atau genangan.

2. Pengaruh fisiografi

Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk, dan kemiringan Daerah Pengaliran Sungai (DPS), kemiringan sungai, Geometri hidrolik (Bentuk penampang seperti lebar, kedalaman, potongan memanjang, material dasar sungai), lokasi sungai.

3. Erosi dan Sedimentasi

Erosi di DPS berpengaruh terhadap kapasitas penampungan sungai, karena tanah yang tererosi pada DPS tersebut apabila terbawa air hujan ke sungai akan mengendap dan menyebabkan terjadinya sedimentasi. Sedimentasi akan mengurangi kapasitas sungai dan saat terjadi aliran yang melebihi kapasitas sungai dapat menyebabkan banjir.

4. Kapasitas sungai

Pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai disebabkan oleh pengendapan yang berasal dari erosi dasar sungai dan tebing sungai yang berlebihan, karena tidak adanya vegetasi penutup.

5. Perubahan penggunaan tanah rawa, situ, sawah, dan lain sebagainya  
Tanah yang difungsikan sebagai rawa atau situ ataupun sawah dan lain sebagainya apabila dialih fungsikan menjadi tanah pemukiman, ataupun lahan-lahan yang lainnya yang dapat menghalangi peresapan air ke dalam tanah. Dalam jangka panjang (atau bahkan tidak terlalu panjang), hal seperti ini akan menyebabkan banjir mudah sekali terjadi.
6. Pengaruh air pasang  
Air laut memperlambat aliran sungai ke laut. Pada waktu banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi, maka tinggi genangan/ banjir menjadi lebih tinggi karena terjadi aliran balik (*back water*).

### **2.3.1. Dampak yang Timbul karena Banjir**

Semua bencana pastilah membawa dampak yang buruk bagi siapapun yang mengalaminya. Banjir merupakan suatu bencana. Oleh sebab itu banyak ataupun sedikit pastilah banjir ini membawa dampak yang negatif bagi masyarakat yang mengalaminya. Beberapa dampak yang ditimbulkan karena adanya banjir antara lain:

1. Menimbulkan kerugian material

Dampak yang sudah pasti dirasakan bagi masyarakat yang mengalami banjir adalah berupa kerugian material. Kerugian material ini merupakan dapat timbul karena banyak rumah warga yang terendam banjir, kemudian tidak hanya rumah saja namun juga perabotan rumah tangga ikut terendam banjir. Hal ini akan mengakibatkan adanya

kegiatan material yang cukup besar untuk dapat memulihkan seperti kondisi semula.

2. Merusak bangunan

Dampak yang juga sangat dirasakan oleh masyarakat akibat banjir adalah rusaknya bangunan yang terendam banjir. Bangunan yang terlalu lama tergenang air memang akan mengalami kerusakan, baik banyak maupun sedikit. Serapan bangunan yang berpotensi rusak adalah lantai atau keramik, kusen pintu, maupun tembok bagian bawah.

3. Menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan becek

Dampak yang pasti terjadi ketika banjir datang adalah lingkungan menjadi kotor dan becek. Hal ini karena air yang meluap tidak hanya melintas namun juga menggenangi. Akibatnya, hal ini akan membuat lingkungan yang digenangi air menjadi becek dan tidak nyaman, sehingga akan menjadi kotor.

4. Menyebarkan bibit penyakit

Banjir secara tidak langsung baik cepat maupun lambat akan menyebarkan bibit penyakit. Hal ini seperti sudah menjadi paket dan kita semua pun mengerti bahwa banjir akan menjadi penyebab timbulnya berbagai jenis penyakit. Beberapa penyakit yang dapat ditimbulkan dari banjir rob ini antara lain adalah diare, ISPA, gatal-gatal, hingga demam berdarah. Maka dari itulah ketika banjir datang menyerang akan banyak orang-orang yang terkena penyakit.

#### 5. Mengganggu lalu lintas

Dampak negatif dari banjir yang selanjutnya adalah mengganggu kelancaran lalu lintas. Hal ini karena air yang menggenangi akibat banjir tidak hanya menggenangi pemukiman penduduk seperti perumahan, namun juga jalan raya. Sehingga hal ini akan menyebabkan terganggunya lalu lintas di jalan yang tergenang air tersebut. Tidak hanya mengganggu lalu lintas saja, namun banjir rob juga dapat membuat mesin-mesin kendaraan menjadi mati atau bahkan rusak.

#### 6. Kelangkaan air bersih

Satu hal yang selalu muncul ketika banjir tiba adalah kelangkaan air bersih. Bagaimanapun juga air banjir tidak hanya menggenangi rumah masyarakat saja, namun juga sumber air bersih bagi masyarakat. Akibatnya air bersih yang seharusnya digunakan untuk konsumsi warga sehari-hari dapat bercampur dengan air banjir. Belum lagi septiktank warga yang juga terendam air banjir dapat berpotensi membuat tinja menjadi keluar dan bercampur dengan air warga. Hal ini sungguh menimbulkan krisis air bersih.

### 2.4. Pemodelan HEC-RAS

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran satu dimensi di sungai atau saluran, *River Analysis System* (RAS), dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE).

HEC-RAS merupakan model system terintegrasi yang dikembangkan dalam bentuk aplikasi yang interaktif untuk berbagai kondisi. Sistem HEC-RAS meliputi Graphical User Interface (GUI), komponen terpisah dari analisis hidraulik, penyimpanan data, kemampuan pengaturan, grafik, dan fasilitas pelaporan. Pada dasarnya HEC-RAS dikembangkan untuk dapat mengakomodasi 4 jenis analisis hidraulik satu dimensi yaitu :

1. Analisis profil muka air untuk aliran tetap
2. Analisis profil muka air untuk aliran tidak tetap
3. Analisis sediment transport/mobile dengan kondisi batas dapat bergerak (moveable boundary)
4. Pemodelan kualitas air (temperature)

Keempat elemen diatas menggunakan data penampang melintang yang sama.

Pada software HEC-RAS ini, dapat ditelusuri kondisi air sungai dalam pengaruh hidrologi dan hidroliknya, serta penanganan sungai lebih lanjut sesuai kebutuhan. Secara umum perangkat lunak ini menyediakan fungsi-fungsi sebagai berikut:

1. Manajemen *File*
2. Input data dan pengeditan
3. Analisa Hidraulika
4. Keluaran (tabel, grafik dan gambar)