

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hidrologi

Menurut Triatmodjo (2008), 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. Ilmu hidrologi dimanfaatkan untuk hal-hal berikut:

1. Memperkirakan besarnya banjir untuk perencanaan bangunan pengendali banjir seperti tanggul, drainase, gorong-gorong, jembatan, dan lainnya.
2. Memperkirakan kebutuhan air suatu jenis tanaman untuk perencanaan bangunan yang dapat melayani kebutuhannya.
3. Memperkirakan jumlah air yang tersedia pada suatu sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan air baku, irigasi, pembangkit listrik, perikanan, peternakan, dan lainnya.

Ilmu hidrologi berhubungan dengan keterdapatannya dan pergerakan air di atas dan melalui permukaan bumi. Hidrologi pada dasarnya adalah suatu ilmu yang bersifat menafsirkan. Melakukan percobaan dibatasi oleh ukuran kejadian di alam; yang diteliti sederhana saja dengan akibat yang bersifat khusus. Persyaratan mendasarnya berupa data yang diamati dan diukur mengenai semua segi pcurahan, pelimpasan, penelusan, pengaliran sungai, penguapan, dan seterusnya.

Dengan data itu dan pemahaman tentang banyak bidang pengetahuan yang berbatasan, seorang hidrologiwan yang terampil dapat memberi jalan keluar bagi banyak masalah keteknikan yang timbul (Wilson, 1990).

2.2 Hujan

Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi, yaitu peristiwa terkondensasinya uap air kemudian jatuh dari atmosfer ke bumi dalam berbagai bentuk. Air berada di udara dalam bentuk gas (uap air), zat cair (butiran air), dan kristal es. Kumpulan butir air dan kristal es yang berukuran 2-40 mikron membentuk awan yang melayang di udara. Awan merupakan hasil dari pendinginan udara basah (udara yang mengandung uap air) yang bergerak ke atas. Proses pendinginan terjadi akibat menurunnya suhu udara tersebut secara adiabatik seiring bertambahnya ketinggian. Partikel debu, kristal garam, dan kristal es yang melayang di udara dapat berfungsi sebagai inti kondensasi yang dapat mempercepat proses pendinginan. Terdapat dua syarat penting terjadinya hujan yaitu massa udara harus mengandung cukup uap air dan massa udara harus naik ke atas sedemikian sehingga menjadi dingin (Triatmodjo, 2008).

2.2.1 Hujan rencana

Hujan rencana tidak seperti hujan aktual yang dapat diukur dengan alat pengukur hujan. Kenyataannya, hujan yang identik dengan hujan rencana tidak pernah dan tidak akan pernah terjadi. Kebanyakan hujan rencana memiliki karakteristik yang secara umum sama dengan karakteristik hujan yang pernah

terjadi. Hujan rencana menggambarkan karakteristik umum kejadian hujan yang diharapkan terjadi pada masa mendatang (Suripin, 2004).

Perkiraan debit banjir rencana didapat dengan melakukan analisis hujan-aliran yang memerlukan masukan hujan rencana ke dalam suatu sistem DAS. Hujan rencana dapat berupa kedalaman hujan pada suatu titik atau hietograf hujan rencana yang merupakan distribusi hujan sebagai fungsi waktu selama hujan deras. Debit rencana dihitung berdasarkan kedalaman hujan titik guna menentukan debit puncak untuk perencanaan drainase dan jembatan. Perencanaan drainase dan jembatan memerlukan besaran debit puncak yang didapat dari penghitungan debit rencana berdasarkan kedalaman hujan titik menggunakan metode rasional (Triatmodjo, 2008).

2.2.2 Karakteristik hujan

Hasmar (2011) mengemukakan bahwa hujan memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut:

1. Durasi hujan

Durasi hujan adalah lama terjadinya hujan dalam satuan waktu (menit, jam, hari) berdasarkan hasil pencatatan alat ukur hujan otomatis.

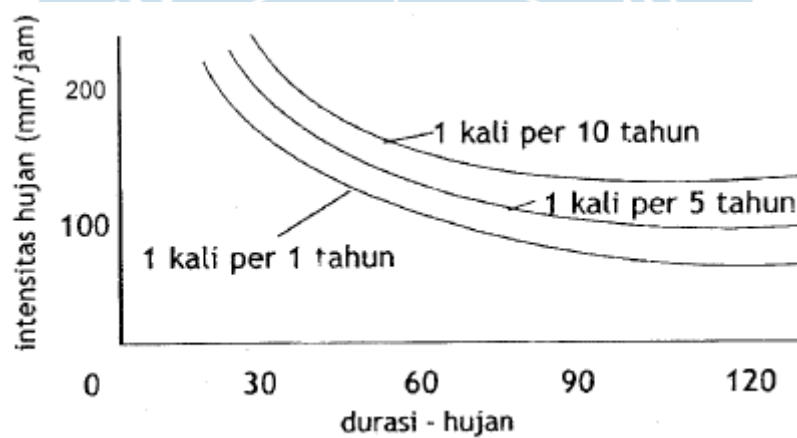
2. Intensitas hujan

Intensitas hujan merupakan tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan tergantung pada lama curah hujan,

frekuensi hujan, dan waktu konsentrasi. Analisis data hujan secara empiris atau secara statistic akan menghasilkan nilai intensitas hujan.

3. Lengkung hujan

Lengkung hujan adalah grafik hubungan antara intensitas hujan dan durasi hujan. Perencanaan saluran drainase didasarkan pada lengkung hujan rencana.



Gambar 2.1 Contoh Lengkung Hujan

Sumber: Hasmar, 2011

4. Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air untuk mengalir pada suatu daerah aliran dari titik terjauh ke titik kontrol yang ditentukan pada bagian hilir.

2.3 Limpasan

Air hujan yang jatuh pada suatu DAS (Daerah Aliran Sungai) akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah ketika intensitas hujan yang jatuh melebihi kapasitas infiltrasi. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah. Limpasan permukaan (*surface runoff*) adalah air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan lahan kemudian masuk ke parit-parit atau selokan-selokan dan bergabung menjadi anak sungai hingga akhirnya menjadi aliran sungai. Limpasan terdiri dari air yang berasal dari tiga sumber yaitu aliran permukaan, aliran antara yang merupakan aliran dalam arah lateral di bawah permukaan tanah, dan aliran air tanah yang berasal dari air hujan yang mengalami perkolasi (Triatmodjo, 2008).

Suripin (2004) menyatakan bahwa aliran pada saluran atau sungai dipengaruhi oleh berbagai faktor secara bersamaan yang dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu faktor meteorologi dan karakteristik daerah tangkapan saluran maupun DAS. Faktor-faktor meteorologi yang memengaruhi limpasan meliputi:

1. Intensitas hujan

Limpasan permukaan akibat pengaruh intensitas hujan bergantung pada laju infiltrasi. Ketika intensitas hujan melebihi laju infiltrasi, maka akan terjadi limpasan permukaan seiring meningkatnya intensitas hujan. Namun, peningkatan limpasan permukaan tidak selalu sebanding dengan peningkatan intensitas hujan karena adanya penggenangan di permukaan tanah.

2. Durasi hujan

Hujan yang terjadi dengan intensitas tertentu selama durasi tertentu sangat memengaruhi total limpasan yang terjadi. Saat lama hujan terjadi kurang dari lama hujan kritis yang dimiliki tiap DAS, maka lamanya limpasan akan sama dan tidak tergantung pada intensitas hujan.

3. Distribusi curah hujan

Distribusi dan intensitas hujan pada suatu DAS memengaruhi laju dan volume limpasan yang terjadi. Secara umum ketika seluruh DAS telah memberi kontribusi aliran maka laju dan volume limpasan maksimum akan terjadi. Jika suatu DAS memiliki kondisi topografi, tanah, dan lainnya seragam maka, untuk jumlah hujan yang sama, distribusi curah hujan yang merata menghasilkan debit puncak paling minimum.

Karakteristik DAS yang berpengaruh besar pada aliran permukaan meliputi:

1. Luas dan bentuk DAS

Semakin luas suatu DAS maka laju dan volume aliran permukaan akan bertambah besar pula, ini jika aliran permukaan dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS. Namun sebaliknya, aliran permukaan akan berkurang jika dinyatakan sebagai laju dan volume per satuan luas. Hal tersebut berkaitan dengan waktu konsentrasi serta penyebaran dan intensitas hujan. Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menghasilkan laju aliran permukaan lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang melebar atau melingkar. Hal tersebut terjadi karena waktu konsentrasi DAS yang

memanjang lebih lama dibandingkan DAS yang melebar, menyebabkan terjadinya konsentrasi air di titik kontrol lebih lambat sehingga memengaruhi laju dan volume aliran permukaan.

2. Topografi

Tampak rupa muka bumi atau topografi yang berpengaruh pada laju dan volume aliran permukaan di antaranya adalah kemiringan lahan, keadaan dan kerapatan saluran, dan bentuk cekungan lainnya. Suatu DAS yang memiliki kemiringan curam serta saluran yang rapat akan menghasilkan laju dan volume aliran lebih tinggi dibanding DAS yang landai dan saluran yang jarang.

3. Tata guna lahan

Penggunaan lahan sangat menentukan apakah air meresap ke dalam tanah atau melimpas menjadi aliran permukaan. Pengaruh tersebut dinyatakan sebagai koefisien aliran permukaan (C) yaitu perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan curah hujan. Nilai C berkisar antara 0 hingga 1, di mana nilai 0 berarti seluruh air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah dan nilai 1 berarti seluruh air hujan mengalir sebagai aliran permukaan. Koefisien ini menjadi salah satu indikator kondisi fisik suatu DAS, di mana semakin dekat nilai C dengan nilai 1 berarti makin ruask kondisi DAS tersebut.

2.4 Drainase Perkotaan

Drainase berasal dari bahasa Inggris *drainage* yang berarti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan sehingga fungsinya tidak terganggu (Suripin, 2004). Sementara drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi pemukiman, kawasan industri dan perdagangan, sekolah, rumah sakit, dan fasilitas umum lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota. Dengan demikian kriteria desain drainase perkotaan memiliki kekhususan, sebab untuk perkotaan ada tambahan variabel desain seperti keterkaitan dengan tata guna lahan, keterkaitan dengan *master plan* drainase kota, keterkaitan dengan masalah sosial budaya, dan lain-lain (Sutarto, 1997).

Pertumbuhan dan perkembangan ilmu drainase perkotaan dipengaruhi oleh perkembangan ilmu hidrolika, matematika, statistika, fisika, kimia, komputasi bahkan ilmu ekonomi dan sosial. Semakin akrabnya hubungan ilmu drainase perkotaan dengan berbagai ilmu lainnya menuntut pendekatan masalah secara terpadu (*integrated*) maka ilmu drainase perkotaan semakin tumbuh menjadi ilmu yang mempunyai dinamika yang cukup tinggi (Hasmar, 2011).

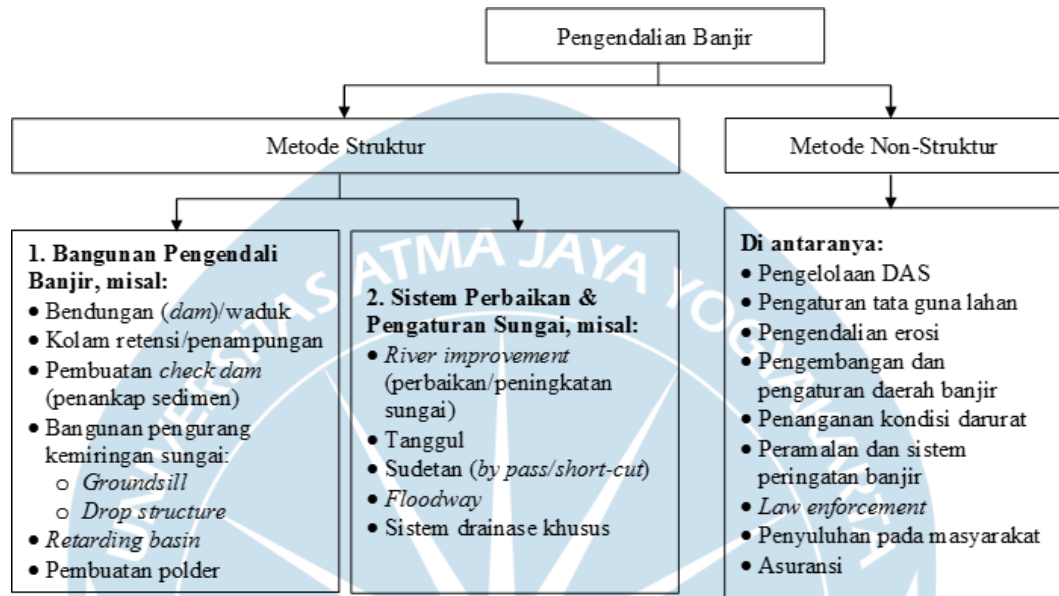
2.5 Permasalahan Drainase Perkotaan

Banjir merupakan permasalahan yang paling sering ditemui berkaitan dengan drainase perkotaan sebab hampir semua kota di Indonesia mengalami banjir ketika musim hujan. Pertumbuhan penduduk serta perluasan daerah perkotaan akibat urbanisasi berefek pada peningkatan konversi lahan kosong menjadi infrastruktur seperti perumahan dan jalan raya. Hasil buangan berupa limbah cair maupun padat meningkat seiring dengan kemunculan berbagai ragam aktivitas pada daerah perkotaan. Manajemen limbah yang kurang baik akan menyebabkan pendangkalan dan penyempitan saluran. Kapasitas saluran akan berkurang sehingga menyebabkan saluran tidak mampu menampung debit yang terjadi kemudian terjadi genangan. Pertambahan penduduk yang sangat cepat tidak diimbangi dengan penyediaan prasarana dan sarana perkotaan yang memadai. Akibat dari hal tersebut pemanfaatan lahan perkotaan menjadi tidak tertib yang menyebabkan persoalan drainase di perkotaan menjadi sangat kompleks (Suripin, 2004).

2.6 Manajemen Banjir

Kodoatie (2013) menjelaskan manajemen banjir sebagai usaha untuk mengontrol hujan dan banjir serta mencegah potensi kerusakan lahan. Bentuk usaha tersebut umumnya dengan membangun dam pengendali banjir, meningkatkan sistem pembawa seperti sungai dan drainase, mengelola tata guna lahan dan daerah banjir (*flood plains*), serta menata kawasan lindung dan budidaya kota yang berwawasan lingkungan. Secara teknis, penanganan pengendalian banjir dibedakan

menjadi dua yaitu pengendalian banjir secara teknis (metode struktur) dan pengendalian banjir secara non teknis (metode non-struktur).



Gambar 2.2 Pengendalian Banjir Metode Struktur dan Non-Struktur

Sumber: Kodoatie, 2013

2.7 Analisis Hidrologi

2.7.1 Data hidrologi

Data hidrologi merupakan kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi yang berperan sebagai bahan informasi yang sangat penting dalam pemanfaatan, pengelolaan, dan pelaksanaan inventarisasi potensi sumber-sumber air. Fenomena hidrologi yang dimaksud seperti curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, dan konsentrasi sedimen sungai merupakan kejadian

unik karena selalu berubah seiring waktu. Konsekuensi dari fakta tersebut membuat nilai sebuah data hidrologi hanya dapat diukur satu kali sebab nilai yang sama tidak akan terjadi lagi di waktu berlainan sesuai dengan fenomena saat pengukuran nilai tersebut dilaksanakan (Soewarno, 1995).

2.7.2 Metode statistik untuk analisis hidrologi

Fenomena hidrologi dapat dikumpulkan, dihitung, disajikan, dan ditafsirkan menggunakan metode statistik. Metode statistik dibedakan menjadi dua yaitu statistika deskriptif dan statistika penafsiran. Statistika deskriptif merupakan metode pengumpulan, perhitungan, dan penyajian data sehingga dapat memberikan informasi yang berguna tanpa melakukan penarikan kesimpulan atau penafsiran. Statistika penafsiran mencakup semua metode untuk melakukan peramalan atau penarikan kesimpulan dari sebuah fenomena dengan menganalisis sebagian data. Penerapan statistika dalam hidrologi bertujuan untuk membuat keputusan dan menarik kesimpulan dari suatu fenomena hidrologi berdasarkan pada sebagian pengetahuan mengenainya yang terekam dalam data hidrologi (Soewarno, 1995).

2.7.3 Hujan kawasan

Data hujan yang diperoleh dari suatu stasiun merupakan rekaman kejadian hujan yang terjadi di titik stasiun tersebut berada. Hujan yang sebenarnya terjadi sangat bervariasi terhadap ruang sehingga untuk dapat menyatakan besar curah hujan pada suatu wilayah yang luas diperlukan data curah hujan dari beberapa stasiun di dalam maupun sekitar wilayah tersebut. Nilai yang menyatakan besar

curah hujan tersebut adalah hujan kawasan yang dapat dihitung dengan tiga cara yang umum digunakan yaitu:

2.7.3.1 Metode rata-rata aljabar

Metode ini merupakan metode paling sederhana yang dapat digunakan. Asumsi pada penggunaan metode ini adalah setiap stasiun memiliki pengaruh yang setara terhadap curah hujan kawasan yang ditinjau. Metode ini cocok untuk daerah dengan topografi datar, persebaran alat penakar hujan merata, serta perbedaan antar besar curah hujan tidak terlalu jauh. Hujan kawasan dengan metode ini diperoleh dengan persamaan:

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} \quad (2-1)$$

Notasi p_1, p_2, \dots, p_n menyatakan curah hujan yang tercatat pada stasiun 1, 2, hingga stasiun ke- n , sedangkan n sendiri menyatakan jumlah stasiun yang diperhitungkan.

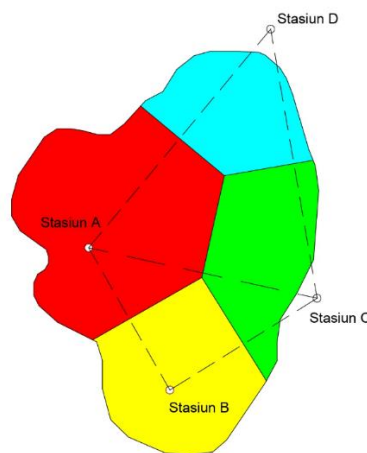
2.7.3.2 Metode poligon Thiessen

Metode ini memperhitungkan pengaruh tiap stasiun terhadap curah hujan kawasan yang ditinjau. Pengaruh ditunjukkan dengan bobot persentase berdasarkan luasan yang dipengaruhi oleh suatu stasiun. Asumsi yang digunakan pada metode ini adalah hujan antara dua stasiun bervariasi linier dan sembarang stasiun dianggap dapat mewakili kawasan tersebut. Metode ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 – 5000 km². Prosedur pelaksanaan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi stasiun-stasiun pengukuran hujan diplot pada peta DAS kemudian dihubungkan dengan garis lurus.
2. Buat garis tegak lurus tepat di tengah masing-masing garis penghubung antar stasiun. Garis-garis tersebut akan membentuk poligon yang mengelilingi stasiun. Garis batas DAS menjadi batas penutup dari poligon apabila suatu stasiun berada di dekat batas DAS.
3. Luas tiap poligon dan total luas poligon yang terbentuk dihitung.
4. Hujan kawasan dengan metode ini dihitung dengan persamaan berikut:

$$p = \frac{p_1 A_1 + p_2 A_2 + \dots + p_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2-2)$$

Notasi p_1, p_2, \dots, p_n menyatakan curah hujan yang tercatat pada stasiun 1, 2, hingga stasiun ke-n, sedangkan notasi A_1, A_2, \dots, A_n menyatakan luas poligon 1, 2, hingga poligon ke-n di mana n sendiri merupakan jumlah stasiun yang diperhitungkan.

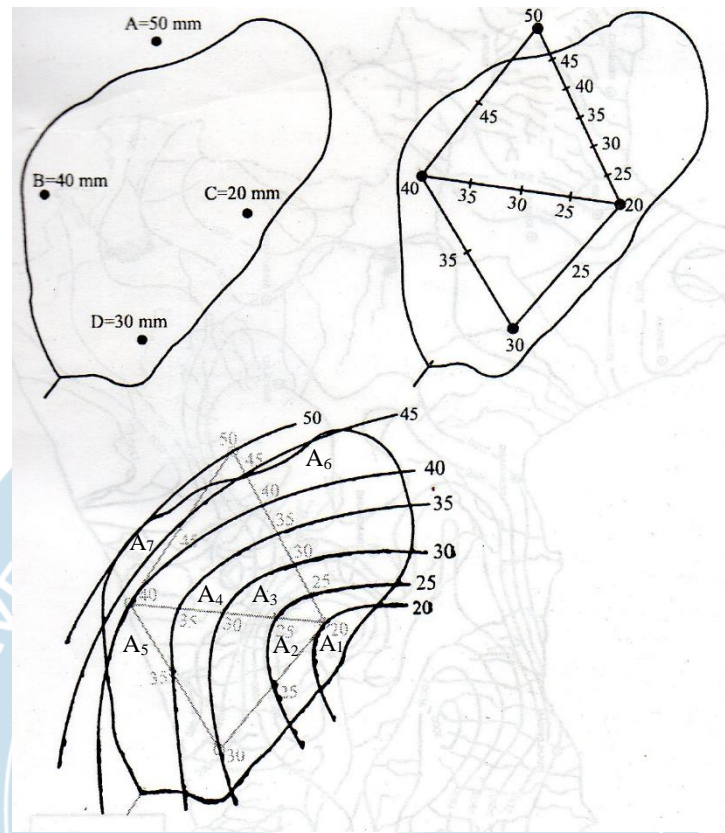


Gambar 2.3 Contoh Poligon Thiessen

2.7.3.3 Metode Isohyet

Metode ini memperhitungkan secara aktual pengaruh setiap stasiun pengukuran hujan. Tidak seperti metode poligon Thiessen yang memperhitungkan pengaruh tiap stasiun berdasarkan luas poligon yang terbentuk, metode ini memperhitungkan pengaruh tiap stasiun berdasarkan luasan yang terbentuk antara garis Isohyet yaitu garis khayal yang menghubungkan kedalaman curah hujan yang sama. Prinsip penggambaran garis khayal tersebut sama dengan penggambaran garis kontur ketinggian pada peta rupa bumi. Prosedur pelaksanaan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi stasiun-stasiun pengukuran hujan diplot pada peta DAS.
2. Hubungkan antar stasiun dengan garis lurus. Lakukan interpolasi dengan interval yang ditentukan pada garis yang menghubungkan dua stasiun.
3. Gambar garis Isohyet yang menghubungkan titik-titik hasil interpolasi dengan kedalaman hujan yang sama.



Gambar 2.4 Contoh Metode Isohyet

Sumber: Triatmodjo, 2008

4. Hitung luas daerah yang terbentuk (A_1, A_2, \dots, A_n) antara dua garis yang berurutan.
5. Hujan kawasan dengan metode ini dihitung dengan persamaan berikut:

$$p = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2-3)$$

Notasi I_1, I_2, \dots, I_n menyatakan garis Isohyet ke 1, 2, hingga ke-n. Metode Isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung hujan kawasan namun membutuhkan ketelitian yang lebih dibandingkan dengan dua metode lainnya.

Metode ini cocok untuk daerah perbukitan dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5000 km².

2.7.4 Parameter statistik

Besarnya derajat penyebaran variat di sekitar nilai rata-ratanya disebut sebagai varian (s^2), sedangkan penyebaran data dapat diukur dengan standar deviasi (s). Nilai varian dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2-4)$$

Standar deviasi yang merupakan akar dari varian dihitung dengan persamaan berikut:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2-5)$$

Koefisien varian (C_v) merupakan nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata data, yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (2-6)$$

Kemencengan (*skewness*) menunjukkan ketidak-simetrisan suatu bentuk distribusi. Kemencengan (a) dinyatakan dalam bentuk berikut:

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (2-7)$$

Sedangkan koefisien asimetri (C_s) diberikan dalam bentuk berikut:

$$C_s = \frac{a}{s^3} \quad (2-8)$$

Koefisien kurtosis (C_k) dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (2-9)$$

Notasi n menyatakan jumlah data, sedangkan x_i menyatakan kedalaman hujan pada tahun ke- i , dan \bar{x} menyatakan nilai rata-rata data.

2.7.5 Distribusi probabilitas

Perkiraan besar curah hujan dengan periode ulang tertentu dapat dihitung dengan analisis frekuensi berdasarkan hasil data hujan kawasan selama beberapa tahun. Semakin pendek deretan data yang tersedia maka penyimpangan yang terjadi akan semakin besar. Deretan data tersebut terdistribusi mengikuti pola tertentu. Terdapat berbagai jenis distribusi frekuensi dalam ilmu statistik, namun dalam bidang hidrologi ada empat jenis distribusi yang umum digunakan yaitu distribusi normal, log normal, Gumbel, dan log Pearson III.

2.7.5.1 Distribusi normal

Distribusi ini biasa dikenal juga sebagai distribusi Gauss. Grafik distribusi ini simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng. Fungsi densitas peluang (PDF = *probability density function*) distribusi normal diberikan dalam persamaan berikut:

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2-10)$$

Perhitungan curah hujan dengan periode ulang tertentu menggunakan persamaan berikut:

$$X_T = \mu + z \sigma \quad (2-11)$$

Nilai z tergantung pada periode ulang yang direncanakan. Agar memudahkan perhitungan disediakan tabel nilai variabel reduksi Gauss seperti diberikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	z
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

Sumber: Suripin, 2004

Keterangan:

$P(X)$ = PDF

X = variabel acak kontinu

μ = rata-rata nilai X

σ = standar deviasi dari nilai X

z = variabel normal standar

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tertentu

Nilai μ dan σ merupakan parameter statistik dari suatu populasi, namun ketika populasi terbatas (sampel) maka nilai μ dapat didekati dengan harga rata-rata sampel dan nilai σ didekati dengan nilai standar deviasi dari sampel.

2.7.5.2 Distribusi log normal

Jika suatu set data (X) nilai logaritmanya (y) terdistribusi secara normal, maka data tersebut dikatakan mengikuti distribusi log normal. Seluruh data harus ditransformasi dengan mengubahnya menjadi nilai logaritma ($y = \log X$) atau logaritma naturalnya ($y = \ln X$). Langkah perhitungan selanjutnya sama dengan distribusi normal termasuk harga faktor frekuensi yang digunakan, namun untuk mendapatkan nilai X_T harus dilakukan anti-log terlebih dahulu (10^y atau e^y).

2.7.5.3 Distribusi Gumbel

Distribusi ini umum digunakan untuk analisis data maksimum seperti frekuensi banjir. Fungsi distribusi Gumbel berbentuk eksponensial ganda yaitu:

$$P(X) = e^{-e^{-a(X-b)}} \quad (2-12)$$

Perhitungan suatu besaran dengan periode ulang tertentu menggunakan persamaan berikut:

$$X = \mu + \sigma K \quad (2-13)$$

Seperti pada distribusi normal, nilai μ dapat didekati dengan harga rata-rata sampel dan nilai σ didekati dengan nilai standar deviasi dari sampel.

Faktor probabilitas untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{T_r} - Y_n}{S_n} \quad (2-14)$$

Reduced variate dapat dihitung dari dengan persamaan berikut:

$$Y_{T_r} = -\ln \left(-\ln \frac{T_r(X) - 1}{T_r(X)} \right) \quad (2-15)$$

Keterangan:

$P(X)$ = peluang suatu besaran tidak dilampaui oleh suatu harga

K = faktor probabilitas

Y_n = *reduced mean* yang tergantung pada jumlah sampel (n) diberikan pada Tabel 2.2

S_n = *reduced mean* yang tergantung pada jumlah sampel (n) diberikan pada Tabel 2.3

Y_{T_r} = *reduced varied*, dapat menggunakan Tabel 2.4 untuk mempermudah perhitungan

$T_r(X)$ = periode ulang

Tabel 2.2 *Reduced Mean, Y_n*

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber: Suripin, 2004

Tabel 2.3 *Reduced Standard Deviation, S_n*

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber: Suripin, 2004

Tabel 2.4 *Reduced Variate, Y_{T_r}*

Periode ulang, T_r (tahun)	<i>Reduced variate,</i> Y_{T_r}	Periode ulang, T_r (tahun)	<i>Reduced variate,</i> Y_{T_r}
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

Sumber: Suripin, 2004

2.7.5.4 Distribusi log Pearson III

Distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori namun masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya. Makna “III” sendiri berarti terdapat tiga parameter penting dalam distribusi ini yaitu harga rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan. Jika didapati koefisien kemencengan bernilai nol maka data mengikuti distribusi log normal. Data harus diubah ke dalam bentuk logaritma atau logaritma naturalnya, kemudian dihitung nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan dari data yang telah ditransformasi tersebut. Perhitungan besaran dengan periode ulang tertentu dilakukan dengan persamaan berikut:

$$\log X_T = \log \bar{X} + K_T s_{\log} \quad (2-16)$$

Keterangan:

$\log X_T$ = nilai logaritma dari besaran dengan periode ulang tertentu

$\log \bar{X}$ = nilai rata-rata dari data yang telah ditransformasi

s = standar deviasi dari data yang telah ditransformasi

K_T = variabel standar yang tergantung pada koefisien kemencengan seperti ditunjukkan Tabel 2.5

Tabel 2.5 Nilai K untuk Distribusi Log Pearson III

C_s	Periode Ulang								
	Persentase Peluang Terlampaui								
	1,0526 95	1,25 80	2 50	5 20	10 10	25 4	50 2	100 1	200 0,5
-2,00	-1,996	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995
-1,90	-1,989	-0,627	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,307	1,044
-1,80	-1,981	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
-1,70	-1,972	-0,660	0,268	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140	1,155
-1,60	-1,962	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
-1,50	-1,951	-0,690	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282
-1,40	-1,938	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
-1,30	-1,925	-0,719	0,210	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383	1,424
-1,20	-1,910	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,10	-1,894	-0,745	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,00	-1,877	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-0,90	-1,858	-0,769	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-0,80	-1,839	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
-0,70	-1,819	-0,790	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,60	-1,797	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-0,50	-1,774	-0,808	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,40	-1,750	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,30	-1,726	-0,824	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,20	-1,700	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,10	-1,673	-0,836	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482
0,00	-1,645	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
0,10	-1,616	-0,846	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0,20	-1,586	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,30	-1,555	-0,853	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,40	-1,524	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0,50	-1,491	-0,856	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041
0,60	-1,458	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,70	-1,423	-0,857	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,80	-1,388	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0,90	-1,353	-0,854	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
1,00	-1,317	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
1,10	-1,280	-0,848	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1,20	-1,243	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,30	-1,206	-0,838	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1,40	-1,168	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,50	-1,131	-0,825	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330	3,910
1,60	-1,093	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,70	-1,056	-0,808	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1,80	-1,020	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1,90	-0,984	-0,788	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223
2,00	-0,949	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,398
2,10	-0,914	-0,765	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372
2,20	-0,882	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444
2,30	-0,850	-0,739	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2,40	-0,819	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	4,584
2,50	-0,790	-0,711	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652

Lanjutan Tabel 2.5

C_s	Periode Ulang								
	Persentase Peluang Terlampaui								
	1,0526 95	1,25 80	2 50	5 20	10 10	25 4	50 2	100 1	200 0,5
2,60	-0,762	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,70	-0,736	-0,681	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,093	3,932	4,783
2,80	-0,711	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847
2,90	-0,688	-0,651	-0,390	0,440	1,195	2,277	3,134	4,013	4,909
3,00	-0,665	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970

Sumber: *United States Department of Agriculture, 2007*

Jenis distribusi ditentukan berdasarkan parameter statistik dari data sampel.

Tabel 2.6 menunjukkan persyaratan yang harus dipenuhi untuk suatu data dapat dikatakan mengikuti distribusi tertentu.

Tabel 2.6 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$(\bar{x} + s) = 68,27\%$ $(\bar{x} + 2s) = 95,44\%$ $C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

Sumber: Triatmodjo, 2008

2.7.6 Uji distribusi probabilitas

Kamiana (2011) mengemukakan bahwa jenis distribusi probabilitas yang telah dipilih harus diuji apakah sesuai dengan distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Terdapat dua cara yang umum digunakan untuk melakukan pengujian ini yaitu uji chi-kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov.

2.7.6.1 Uji chi-kuadrat

Uji chi-kuadrat menggunakan parameter nilai chi-kuadrat (χ^2) yang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2-17)$$

Dengan:

χ^2 = nilai chi-kuadrat terhitung

E_f = frekuensi yang diharapkan

O_f = frekuensi yang diamati

Nilai χ^2 terhitung akan dibandingkan dengan nilai chi-kuadrat kritis (χ^2_{cr}) yang disediakan pada Tabel 2.7. Nilai χ^2_{cr} bergantung pada derajat kebebasan (dk) dan derajat kepercayaan (α) yang biasanya diambil 5% atau 0,05. Derajat kebebasan dihitung dengan persamaan berikut:

$$dk = K - (p + 1) \quad (2-18)$$

Notasi p merupakan banyaknya parameter diambil nilai 2 untuk uji chi-kuadrat, sedangkan K merupakan jumlah kelas distribusi yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$K = 1 + 3,3 \log n \quad (2-19)$$

Notasi n merupakan banyaknya data yang dianalisis. Langkah-langkah pengujian dengan metode chi-kuadrat adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya.
2. Hitung jumlah kelas distribusi.
3. Hitung dk dan tentukan χ^2_{cr} berdasarkan Tabel 2.7.
4. Hitung interval kelas distribusi.
5. Hitung nilai χ^2 .
6. Bandingkan χ^2 dengan χ^2_{cr} . Jika $\chi^2 < \chi^2_{cr}$ maka ditarik kesimpulan bahwa data mengikuti jenis distribusi yang telah ditetapkan.

Tabel 2.7 Nilai Parameter Chi-Kuadrat Kritis (χ^2_{cr})

dk	α (derajat kepercayaan)							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,388	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,448	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,5654	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,2625	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,114	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796

Lanjutan Tabel 2.7

dk	α (derajat kepercayaan)							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,610	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,733	46,979	50,892	53,672

Sumber: Soewarno, 1995

2.7.6.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Langkah-langkah pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov-Kolmogorov adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data dari data terbesar ke data terkecil.
2. Tentukan peluang empiris dengan rumus Weibull:

$$P(X) = \frac{M}{n + 1} \quad (2-20)$$

Notasi n menyatakan jumlah data, sedangkan notasi M menyatakan nomor urut data yang telah diurutkan dari data terkecil ke data terbesar.

3. Tentukan peluang teoritis, $P'(X)$, masing-masing data berdasarkan distribusi probabilitas yang telah dipilih.
4. Hitung selisih antara peluang empiris dan peluang teoritis masing-masing data (ΔP).

5. Tentukan nilai ΔP kritis dari Tabel 2.8. Jika nilai ΔP kritis lebih besar dari nilai ΔP terbesar yang terhitung maka dapat disimpulkan bahwa data mengikuti jenis distribusi yang telah ditetapkan.

Tabel 2.8 Nilai D Kritis Smirnov-Kolmogorov

N	α (derajat kepercayaan)			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber: Soewarno, 1995

2.7.7 Debit banjir

Perhitungan debit banjir dapat dilakukan dengan beberapa metode. Jika luas DAS kurang dari 300 ha maka dapat digunakan metode rasional untuk perhitungannya. Asumsi dalam metode rasional adalah hujan terjadi dengan intensitas seragam dan merata di suatu daerah dengan durasi minimal sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Metode rasional diekspresikan dengan persamaan berikut:

$$Q_p = 0,002778 C I A \quad (2-21)$$

Keterangan:

$$Q_p = \text{debit puncak (m}^3/\text{detik)}$$

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan (ha)

C = koefisien limpasan, diberikan dalam Tabel 2.9 dan Tabel 2.10

Tabel 2.9 Nilai Koefisien Limpasan

Jenis Daerah	Koefisien Aliran	Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran
Daerah Perdagangan Kota	0,70 – 0,95	Jalan	0,75 – 0,95
	0,50 – 0,70	Aspal dan Beton	
Daerah Pemukiman Sekitar kota	0,30 – 0,50	Batu bata dan batako	0,70 – 0,85
		Atap Rumah	0,70 – 0,95
Daerah Industri Satu rumah	0,40 – 0,60	Halaman berumput, tanah pasir	0,05 – 0,10
	0,60 – 0,75	Datar, 2%	
	0,25 – 0,40	Rata-rata, 2-7%	
	0,50 – 0,70	Curam, 7% atau lebih	
Daerah Industri Ringan	0,50 – 0,80	Halaman berumput, tanah pasir padat	0,13 – 0,17
	0,60 – 0,90	Datar, 2%	
Lapangan, kuburan, dan sejenisnya	0,20 – 0,35	Rata-rata, 2-7%	0,18 – 0,22
		Curam, 7% atau lebih	0,25 – 0,35
Lahan tidak terpelihara	0,10 – 0,30		

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2016

Tabel 2.10 Nilai Koefisien Limpasan Berdasarkan Karakteristik Tanah

Karakteristik Tanah	Tata Guna Lahan	Koefisien Limpasan (C)
Campiran pasir dan/atau campuran kerikil	Pertanian	0,20
	Padang rumput	0,15
	Hutan	0,10
Geluh dan sejenisnya	Pertanian	0,40
	Padang rumput	0,35
	Hutan	0,30
Lempung dan sejenisnya	Pertanian	0,50
	Padang rumput	0,45
	Hutan	0,40

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2016

Jika suatu daerah dipergunakan untuk berbagai macam keperluan atau dengan kata lain dimanfaatkan secara tidak homogen, maka koefisien limpasan untuk daerah tersebut dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_{eq} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2-22)$$

Keterangan:

C_{eq} = koefisien limpasan ekivalen

C_i = koefisien limpasan jenis penutup tanah i

A_i = luas lahan dengan jenis penutup tanah i

Waktu konsentrasi dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Kirpich sebagai berikut:

$$t_c = 0,0195 L^{0,77} S^{-0,385} \quad (2-23)$$

Dengan L adalah panjang saluran dalam satuan meter, S adalah kemiringan rata-rata saluran, dan t_c dalam menit. Nilai t_c ini diperlukan untuk menghitung intensitas hujan baik dengan menggunakan grafik lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF) maupun tidak. Lengkung IDF memerlukan basis data hujan jangka pendek (misal dalam menitan dan jam-jaman) dari pos penakar hujan otomatis untuk membuatnya, sementara jika data jangka pendek tidak tersedia dan hanya ada data hujan harian, intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2-24)$$

Keterangan:

I = intensitas hujan (mm/jam)

R_{24} = curah hujan harian (mm)

t = lama hujan (jam)

Debit banjir direncanakan dengan periode ulang tertentu sesuai dengan luas daerah pengaliran saluran dan jenis kota. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan memberikan pedoman dalam penentuan periode ulang rencana seperti tertera pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Periode Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	< 10	10 – 100	101 – 500	> 500
Kota Metropolitan	2 tahun	2 – 5 tahun	5 – 10 tahun	10 – 25 tahun
Kota Besar	2 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun	5 – 20 tahun
Kota Sedang	2 tahun	2 – 5 tahun	2 – 5 tahun	5 – 10 tahun
Kota Kecil	2 tahun	2 tahun	2 tahun	2 – 5 tahun

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2014

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12 Tahun 2014 menjelaskan penentuan tipologi kota sebagai berikut:

1. Kota metropolitan merupakan kota dengan jumlah penduduk lebih dari 1.000.000 jiwa.
2. Kota besar merupakan kota dengan jumlah penduduk antara 500.000 hingga 1.000.000 jiwa.
3. Kota sedang merupakan kota dengan jumlah penduduk antara 100.000 hingga 500.000 jiwa.

4. Kota kecil merupakan kota dengan jumlah penduduk antara 20.000 hingga 100.000 jiwa.

2.8 Analisis Hidraulika

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan memberikan kriteria kelayakan teknis drainase dalam aspek hidraulika yaitu:

1. Debit saluran memenuhi hukum kontinuitas.
2. Perhitungan dimensi saluran menggunakan formula Manning atau Strikler atau Chezy.
3. Saluran drainase sebaiknya terbuka kecuali dalam kondisi khusus dapat tertutup.
4. Aliran yang mengalir secara gravitasi.

Debit yang dapat dialirkan oleh suatu saluran dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q = A v \quad (2-25)$$

Notasi Q menyatakan debit, A menyatakan luas penampang saluran, dan v menyatakan kecepatan rata-rata aliran dalam saluran. Luas penampang saluran dihitung sesuai dengan bentuk geometri saluran tersebut, sedangkan kecepatan

aliran dapat dihitung menggunakan persamaan Manning yang bergantung pada jenis material saluran sebagai berikut:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad (2-26)$$

Dengan:

n = koefisien kekasaran Manning, diberikan dalam Tabel 2.11

R = jari-jari hidrolis (perbandingan antara luas dan keliling basah) dalam m

i = kemiringan dasar saluran

Tabel 2.12 Koefisien Kekasaran Manning

Bahan	Koefisien Manning, n
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2014

2.9 Penelitian Terdahulu

Sebelum penelitian ini dilakukan sudah ada beberapa penelitian terkait topik drainase yang dilakukan kemudian dipublikasikan baik dalam bentuk jurnal maupun skripsi. Studi pustaka penelitian terdahulu dimaksudkan untuk mendapat gambaran serta informasi yang relevan terkait topik penelitian ini.

2.9.1 **Evaluasi Kapasitas Tampung Saluran Drainase Bandar Udara El Tari Nusa Tenggara Timur**

Penelitian ini dilakukan oleh Bees (2018) dengan fokus pada evaluasi saluran drainase pada kawasan Bandar Udara El Tari Kupang Nusa Tenggara Timur. Pengembangan kawasan bandara akan mengurangi lahan resapan sehingga limpasan air hujan ke saluran drainase akan bertambah dan menimbulkan genangan. Hal tersebut menjadi masalah serius karena genangan pada *runway* akan menyebabkan pesawat tergelincir saat *landing* maupun *take off*.

Evaluasi dimulai dengan memetakan jaringan saluran drainase pada kawasan Bandara El Tari, kemudian dilanjutkan dengan analisis hidrologi berdasarkan data curah hujan dari Stasiun El Tari periode 2000 – 2015. Hasil analisis hidrologi berupa curah hujan periode ulang 5, 10, dan 25 tahun. Debit banjir dihitung menggunakan metode rasional, kemudian dibandingkan dengan kapasitas debit saluran yang dihitung menggunakan bantuan rumus Manning.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah debit banjir pada kawasan Bandara El Tari periode ulang 5 tahun sebesar 12,9691 m³/detik, periode ulang 10 tahun sebesar 15,7116 m³/detik, dan periode ulang 25 tahun sebesar 20,0369 m³/detik. Saluran

utama dengan kapasitas $6,0215 \text{ m}^3/\text{detik}$ tidak mampu menampung debit banjir sehingga dilakukan desain ulang dan didapat dimensi $b = 2,17 \text{ m}$ dan $h = 2,07 \text{ m}$.

2.9.2 Evaluasi Sistem Saluran Drainase Perkotaan pada Kawasan Jalan Laksda Adisucipto Yogyakarta

Penelitian ini dilakukan oleh Akhir (2019) karena terjadi genangan pada saat musim hujan di kawasan Jalan Laksda Adisucipto. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab genangan beserta kapasitas saluran drainase dan upaya penanggulangan genangan pada kawasan Jalan Laksda Adisucipto.

Data hujan yang digunakan untuk analisis hidrologi berasal dari Stasiun Gemawang dan Stasiun Tanjung Tirto periode 2001 – 2015. Setelah melalui uji chi kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov, didapat kesimpulan bahwa data hujan mengikuti distribusi Log Pearson III. Debit banjir dihitung menggunakan metode rasional untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun. Kapasitas debit saluran dihitung menggunakan bantuan rumus Manning.

Kesimpulan yang ditarik pada penelitian ini adalah jarak saluran drainase eksisting dengan pembuangan akhir Kali Gajah Wong dan Kali Tambak Bayan cukup jauh sehingga menimbulkan genangan akibat debit berkumpul di satu titik tertentu. Saluran dengan kapasitas paling besar yaitu $3,051 \text{ m}^3/\text{detik}$ hanya mampu menampung debit rencana 2 tahun, sedangkan untuk periode ulang 5 tahun dan 10 tahun saluran tersebut tidak mampu menampung debit banjir.

2.9.3 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Desa Sariharjo Ngaglik Sleman Yogyakarta

Penelitian ini dilakukan oleh Sulistiono dan Ardiyanto (2016) dengan latar belakang banjir yang kerap terjadi menggenangi pemukiman warga serta Jalan Palagan Tentara Pelajar. Kecelakaan dan kemacetan terjadi akibat adanya banjir karena Jalan Palagan Tentara Pelajar merupakan jalan dengan lalu lintas cukup padat. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kapasitas saluran drainase di Desa Sariharjo dan melakukan desain ulang pada saluran yang tidak mencukupi.

Analisis hidrologi berdasarkan data hujan harian pada Stasiun Prumpung, Gemawang, dan Beran dari tahun 2004 – 2013. Hujan kawasan hanya dihitung dengan periode ulang 5 tahun dan mengikuti distribusi Log Pearson III. Debit banjir rencana dihitung menggunakan metode rasional, sedangkan debit saluran dihitung menggunakan persamaan kecepatan Manning.

Hasil penelitian menunjukkan terdapat lima saluran yang harus didesain ulang agar air tidak meluap ke badan jalan dan daerah sekitarnya. Hasil desain ulang yaitu lebar 0,3 m dan tinggi 0,6 m untuk S10, S16, S24, dan S36 serta lebar 0,45 m dan tinggi 0,9 m untuk S3.