

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari teori-teori dan hasil penelitian terdahulu yang telah dilakukan sebagai bahan kajian dan perbandingan. Adapun hasil-hasil penelitian terdahulu yang dijadikan pembanding tidak terlepas dari topik box culvert, long storage dan optimalisasi operasional rumah pompa.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Hasil
1	Eka Cahyaningsih, dkk. (2016)	<i>Perencanaan Long Storage Jetis Kec Blora Kab Blora</i>	<i>long storage</i> untuk menerapkan sistem pengendali banjir jangka pendek yang bertujuan memperlambat waktu puncak banjir sehingga debit banjir tidak datang secara bersamaan dan akan memberikan efek pengurangan banjir di bagian hilir dan sebagai tampungan air untuk wilayah sekitar.

2	Handi Firmansyah Rahmananta (2017)	<i>Perencanaan Boezem dan Pompa Di Kawasan Hilir Kali Kandangan Surabaya Barat</i>	direncanakan boezem untuk menampung sementara limpasan air hujan saat elevasi kali Kandangan lebih tinggi dan sistem pembuangannya. Periode ulang hujan yang digunakan 10 tahun dan asumsi lama hujan 4 jam. Dengan menggunakan metode rasional untuk menghitung volume boezem yang dibutuhkan. Penelusuran banjir untuk memastikan berapa kapasitas pompa dan dimensi pintu yang dibutuhkan untuk sistem pembuangan.
3	Januarico Alif Darmawan, Naufal Abiyyudien (2017)	<i>Evaluasi Kapasitas Drainase Box Culvert Jalan Gebang Lor Terhadap Hulu dan Hilirnya</i>	Berdasarkan hasil analisis perlu dibangun 2 buah pompa <i>Axial Flow</i> agar genangan dapat tereduksi.
4	Utami Sylvia Lestari (2016)	<i>Kajian Metode Empiris Untuk Menghitung Debit Banjir Sungai Negara Di Ruas Kecamatan Sungai Pandan</i>	Dari hasil perhitungan untuk memperoleh penyimpangan nilai debit rencana dari metode empiris dengan data debit sungai terukur sungai.
5	Ivanda Kurnianto (2017)	<i>Rencana Pengendalian Banjir Di Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya</i>	Solusi pegendalian banjir dengan melakukan normalisasi dan menggunakan pompa air.

Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Eka Cahyaningsih, dkk. (2016) dimana melakukan penelitian mengenai perencanaan *long storage* untuk menerapkan sistem pengendali banjir jangka pendek yang bertujuan memperlambat waktu puncak banjir sehingga debit banjir tidak datang secara bersamaan dan akan memberikan efek pengurangan banjir di bagian hilir dan sebagai tampungan air untuk wilayah sekitar.

Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Handi Firmansyah Rahmananta (2017). Kawasan hilir Kali Kandangan di sekitar jalan Tambak Langon Kecamatan Asem Rowo sering tergenang banjir, baik dari pasang air laut maupun air hujan yang tidak dapat mengalir ke sungai karena topografi kawasan tersebut yang relatif datar. Selain itu, ada perubahan tata guna lahan dari tambak dan perairan menjadi kawasan industri sehingga lahan kedap air bertambah.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, akan direncanakan boezem untuk menampung sementara limpasan air hujan saat elevasi kali Kandangan lebih tinggi dan sistem pembuangannya. Periode ulang hujan yang digunakan 10 tahun dan asumsi lama hujan 4 jam. Dengan menggunakan metode rasional untuk menghitung volume boezem yang dibutuhkan. Penelusuran banjir untuk memastikan berapa kapasitas pompa dan dimensi pintu yang dibutuhkan untuk sistem pembuangan.

Hasil perencanaan menghasilkan debit banjir sub DAS Kali Kandangan sebesar 9,42 m³/detik sehingga membutuhkan luas boezem sebesar 30762 m² dengan kedalaman 3 meter. Boezem dilengkapi dengan sistem pembuangan 2 pompa dengan kapasitas masing-masing 1,05 m³/detik dan 2 pintu dengan dimensi 1 meter x 0,6 meter.

2.2 Teori – Teori Dasar

2.2.1 Tinjauan Umum

Long storage adalah sistem tampungan air yang memanfaatkan saluran memanjang sungai itu sendiri sebagai tampungannya. Dalam pembangunan long storage, dibutuhkan bangunan bendung sebagai bangunan utama karena bendung berfungsi untuk meninggikan air sampai elevasi tertentu sehingga air dapat tertampung di sungai. Dengan adanya tampungan pada long storage, waktu puncak banjir dapat diperlambat sehingga debit banjir di bagian hilir dapat berkurang. Oleh karenanya, long storage dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sistem pengendali banjir struktural.

Setiap daerah pengaliran sungai mempunyai sifat-sifat khusus dan karakteristik yang berbeda, hal ini memerlukan kecermatan dalam menerapkan suatu teori yang sesuai pada daerah pengaliran yang bersangkutan. Oleh karena itu, sebelum memulai perencanaan konstruksi long storage perlu mengacu pada spesifikasi-spesifikasi yang ada dan yang sesuai dengan karakteristik daerah aliran sungainya, misalnya letak topografi, luas daerah aliran sungai (DAS), data tanah, serta keadaan lingkungan.

Tinjauan pustaka dimaksudkan untuk memaparkan secara singkat mengenai dasar-dasar teori perencanaan long storage yang akan digunakan dalam perhitungan konstruksi dan bangunan pelengkapannya. Adapun dasar teori yang akan dipaparkan antara lain adalah analisis hidrologi, analisis hidrolika, perencanaan dimensi dan stabilitas bangunan.

2.2.1.1 Analisis Hidrologi

Hidrologi dalam hidrologi rekayasa didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sistem kejadian air di atas, pada permukaan, dan di dalam tanah. Sedangkan secara luas, hidrologi meliputi pula berbagai bentuk air termasuk transformasi antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah, serta tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di planet bumi ini.

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (hydrologic phenomena), seperti besarnya : curah hujan, temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, dan konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah terhadap waktu. Data hidrologi dianalisis untuk membuat keputusan dan menarik kesimpulan mengenai fenomena hidrologi berdasarkan sebagian data hidrologi yang dikumpulkan. (Soewarno, 1995)

Curah hujan yang merupakan data hidrologi dianalisis untuk menentukan debit banjir rencana. Debit banjir rencana adalah debit maksimal rencana di sungai dengan periode ulang tertentu yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar analisis perencanaan detail desain.

Adapun langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut :

- Perencanaan daerah aliran sungai (DAS) beserta luasnya.
- Analisis curah hujan wilayah dengan metode terpilih.
- Pemilihan jenis distribusi.
- Uji kecocokan distribusi.

- Analisis mengenai distribusi curah hujan dengan periode ulang T tahun.
- Perhitungan debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan rencana pada periode ulang T tahun.

2.2.1.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. (Bambang Triatmodjo, 2010)

Nama sebuah DAS ditandai dengan nama sungai yang bersangkutan dan dibatasi oleh titik kontrol, yang umumnya merupakan stasiun hidrometri. Memperhatikan hal tersebut berarti sebuah DAS dapat merupakan bagian dari DAS lain. (Sri Harto Br, 1993)

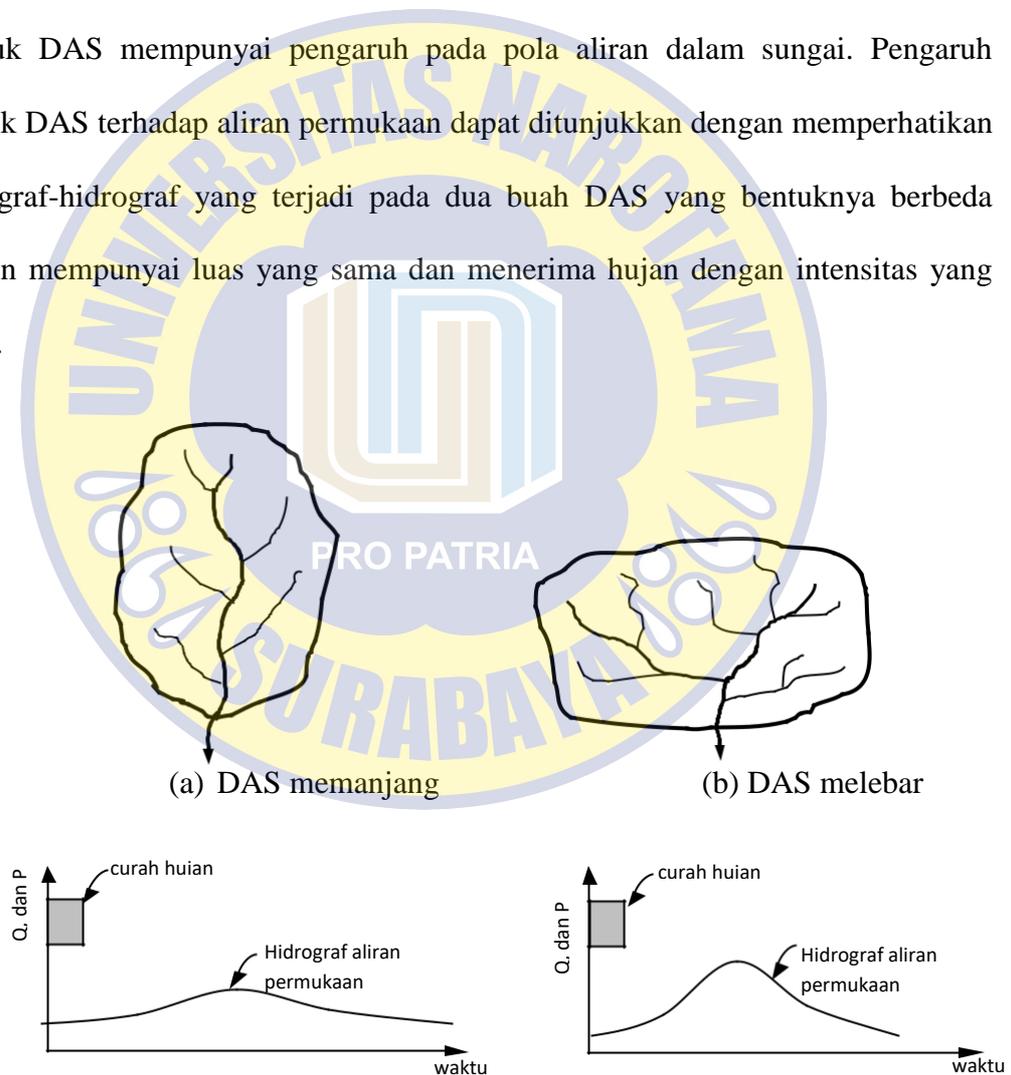
Dalam sebuah DAS kemudian dibagi dalam area yang lebih kecil menjadi sub DAS. Penentuan batas-batas sub DAS berdasarkan kontur, jalan dan rel KA yang ada di lapangan untuk menentukan arah aliran air. Dari peta topografi, ditetapkan titik-titik tertinggi disekeliling sungai utama (main stream) yang dimaksudkan, dan masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan lainnya sehingga membentuk garis utuh yang bertemu ujung pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS dititik kontrol tertentu (Sri Harto Br, 1993)

Karakteristik DAS yang berpengaruh besar pada aliran permukaan meliputi :
(Suripin, 2004)

1. Luas dan Bentuk DAS

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. Tetapi apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luasnya DAS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik kontrol (waktu konsentrasi) dan juga penyebaran atau intensitas hujan.

Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran dalam sungai. Pengaruh bentuk DAS terhadap aliran permukaan dapat ditunjukkan dengan memperhatikan hidrograf-hidrograf yang terjadi pada dua buah DAS yang bentuknya berbeda namun mempunyai luas yang sama dan menerima hujan dengan intensitas yang sama.



Gambar 2.1 Pegaruh Bentuk DAS pada Aliran Permukaan

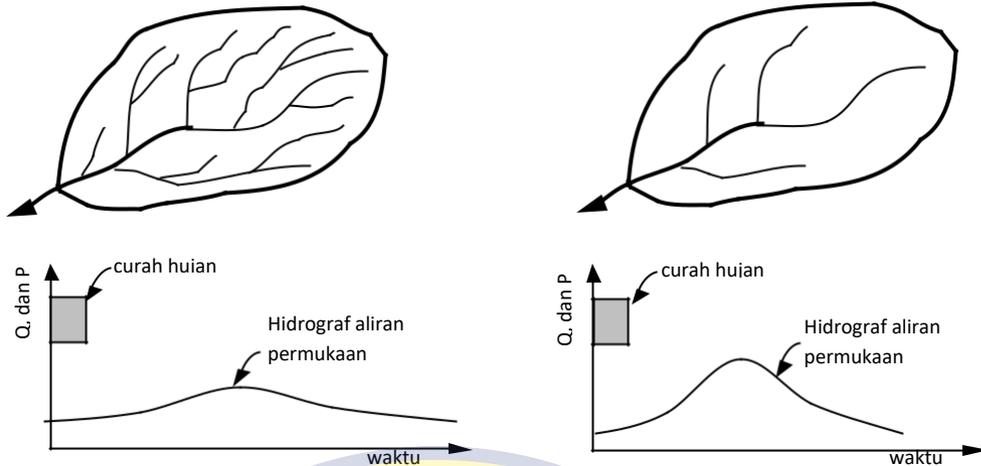
Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menghasilkan laju aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang berbentuk melebar atau melingkar. Hal ini terjadi karena waktu konsentrasi DAS yang memanjang lebih lama dibandingkan dengan DAS yang melebar, sehingga terjadinya konsentrasi air dititik kontrol lebih lambat yang berpengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. Faktor bentuk juga dapat berpengaruh pada aliran permukaan apabila hujan yang terjadi tidak serentak diseluruh DAS, tetapi bergerak dari ujung yang satu ke ujung lainnya. Pada DAS memanjang laju aliran akan lebih kecil karena aliran permukaan akibat hujan di hulu belum memberikan kontribusi pada titik kontrol ketika aliran permukaan dari hujan di hilir telah habis, atau mengecil. Sebaliknya pada DAS melebar, datangnya aliran permukaan dari semua titik di DAS tidak terpaut banyak, artinya air dari hulu sudah tiba sebelum aliran di titik kontrol mengecil/habis.

2. Topografi

Tampakan rupa muka bumi atau topografi seperti kemiringan lahan, keadaan dan kerapatan parit dan/atau saluran, dan bentuk-bentuk cekungan lainnya mempunyai pengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. DAS dengan kemiringan curam disertai parit/saluran yang rapat akan menghasilkan laju dan volume aliran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan DAS yang landai dengan parit yang jarang dan adanya cekungan-cekungan. Pengaruh kerapatan parit, yaitu panjang parit per satuan luas DAS, pada aliran permukaan adalah memperpendek waktu konsentrasi, sehingga memperbesar laju aliran permukaan.

(a) Kerapatan parit/saluran tinggi

(b) Kerapatan parit/saluran rendah



Gambar 2.2 Pengaruh Kerapatan Parit/Saluran pada Hidrograf Aliran Permukaan

3. Tata Guna Lahan

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Nilai C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai $C = 0$ menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai $C = 1$ menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan.

2.2.1.3 Analisis Data Curah Hujan yang Hilang

Dalam analisis curah hujan diperlukan data yang lengkap dalam arti kualitas dan panjang datanya. Untuk melengkapi data yang hilang atau rusak digunakan data curah hujan referensi yang diambil dari stasiun lain yang memiliki data yang

lengkap dan diusahakan letak stasiunnya paling dekat dengan stasiun yang hilang datanya. Untuk perhitungan data yang hilang digunakan rumus perbandingan normal (normal ratio method) yaitu sebagai berikut : (Bambang Triatmojo, 2013)

$$R_x = \frac{1}{n} \left(\frac{\overline{R_x}}{\overline{R_A}} R_A + \frac{\overline{R_x}}{\overline{R_B}} R_B + \dots + \frac{\overline{R_x}}{\overline{R_n}} R_n \right)$$

Dimana :

R_x = Curah hujan stasiun yang datanya dicari (mm)

R_A, R_B, \dots dan R_n = Curah hujan stasiun A, stasiun B, dan stasiun n (mm)

$\overline{R_x}$ = Rata-rata curah hujan tahunan stasiun yang dtanya dicari (mm)

$\overline{R_A}, \overline{R_B},$ dan $\overline{R_n}$ = Rata-rata hujan tahunan stasiun A, stasiun B, dan stasiun n (mm)

2.2 Analisis Curah Hujan Wilayah

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan pembuatan long storage. Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (point rainfall). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (space), maka untuk wilayah yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan wilayah yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam dan di sekitar wilayah tersebut.

Menurut Suripin (2004), ada tiga macam metode yang umum digunakan untuk mengetahui besarnya curah hujan rata-rata pada suatu DAS, yaitu metode rata-rata Aljabar, metode poligon Thiessen, dan metode Isohyet. Penentuan hujan

wilayah dapat dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor pada Tabel 2.2, Tabel 2.3, dan Tabel 2.4.

Tabel 2.2 Penggunaan Metode Berdasarkan Jaring-Jaring Pos Penakar Hujan

Jumlah Pos penakar hujan cukup	Metode <i>Isoyet</i> , <i>Thiessen</i> atau Rata-rata Aljabar
Jumlah Pos penakar hujan terbatas	Metode <i>Thiessen</i> atau Rata-rata Aljabar
Pos Penakar hujan tunggal	Metode hujan rintik

(Sumber : Triatmojo, 2010)

Tabel 2.3 Penggunaan Metode Berdasarkan Luas DAS

DAS Besar (>5000 km²)	Metode <i>Isohyet</i>
DAS Sedang (500-5000 km²)	Metode <i>Thiessen</i>
DAS Kecil (<500 km²)	Metode Rata-rata Aljabar

(Sumber : Triatmojo, 2010)

Tabel 2.4 Penggunaan Metode Berdasarkan Topografi DAS

Pegunungan	Metode Rata-rata Aljabar
Dataran	Metode <i>Thiessen</i>
Berbkit dan tidak beraturan	Metode <i>Isohyet</i>

(Sumber : Triatmojo, 2010)

2.2.1.4 Metode Rata-rata Aljabar

Metode rata-rata aljabar merupakan metode paling sederhana. Metode perhitungan adalah dengan mengambil nilai rata-rata hitung (arithmetic mean) curah hujan di stasiun hujan pada wilayah tersebut dengan mengasumsikan bahwa semua stasiun hujan mempunyai pengaruh yang setara. Metode ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika topografi rata atau datar, stasiun hujan banyak dan tersebar secara merata di wilayah tersebut serta hasil penakaran

masing-masing stasiun hujan tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh stasiun hujan di seluruh wilayah. Perhitungan curah hujan rata-rata dengan metode Aljabar menggunakan rumus sebagai berikut :

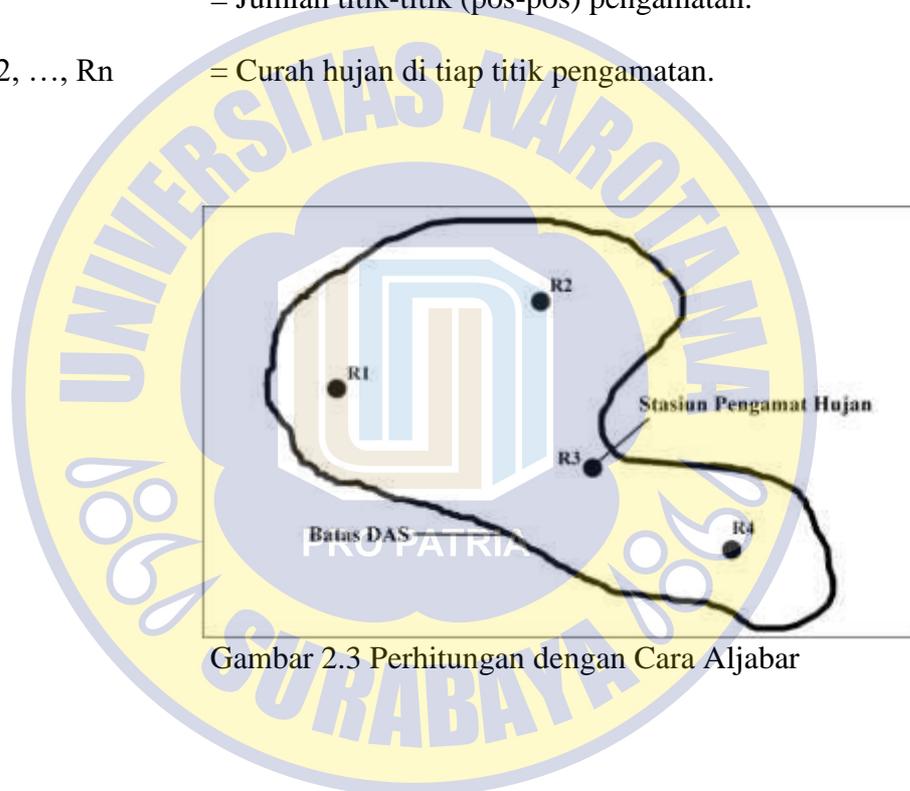
$$\bar{R} = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Dimana :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata daerah.

n = Jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan.

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan.



Gambar 2.3 Perhitungan dengan Cara Aljabar

2.2.1.5 Metode Poligon Thiessen

Metode poligon Thiessen merupakan metode perhitungan berdasarkan rata-rata timbang (weighted average). Metode tersebut memberikan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan terdekat. Metode

tersebut didasarkan pada asumsi bahwa variasi hujan antara stasiun hujan yang satu dengan yang lainnya adalah linear dan stasiun hujannya dianggap dapat mewakili wilayah terdekat. (Suripin, 2004)

Metode tersebut cocok jika stasiun hujan tidak tersebar merata dan jumlahnya terbatas dibanding luasnya. Caranya adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien Thiessen. Stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien Thiessen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (CD Soemarmo, 1999) :

$$W = \frac{A_i}{A_{total}}$$

Dimana :

W = Koefisien Thiessen atau faktor bobot.

A_i = Luas daerah pengaruh dari stasiun pengamatan i (km²).

A_{total} = Luas total dari DAS (km²).

Adapun langkah-langkah perhitungan metode Thiessen sebagai berikut :

1. Lokasi stasiun hujan di plot pada peta DAS. Antar stasiun dibuat garis lurus penghubung.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan stasiun yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap stasiun lainnya. Selanjutnya, curah hujan

pada stasiun tersebut dianggap representasi hujan pada wilayah dalam poligon yang bersangkutan.

- Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS (A) dapat diketahui dengan menjumlahkan luas poligon.
- Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan rumus :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$\bar{R} = R_1 W_1 + R_2 W_2 + \dots + R_n W_n$$

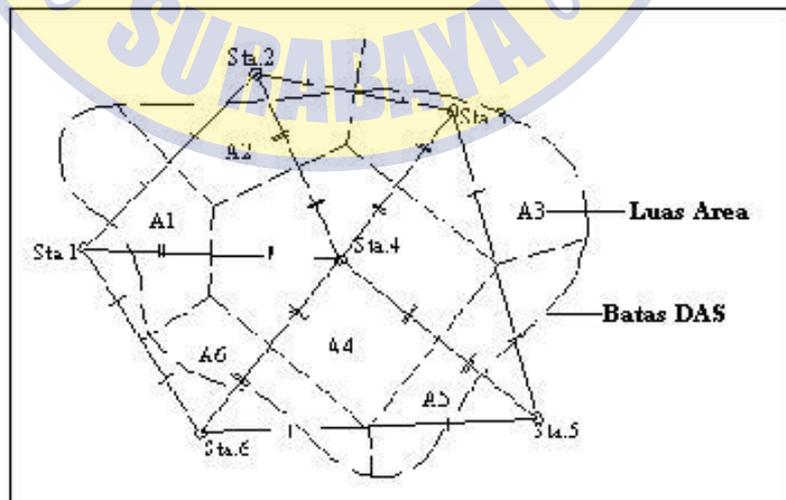
Dimana :

\bar{R} = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah pada poligon 1, 2, ..., n (km^2)

W_1, W_2, \dots, W_n = Faktor bobot masing-masing stasiun



Gambar 2.4 Perhitungan dengan Cara Thiessen

2.2.1.6 Metode Isohyet

Metode perhitungan dengan memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap stasiun hujan dengan kata lain asumsi Metode Poligon Thiessen yang menganggap bahwa tiap-tiap stasiun hujan mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Metode ini cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur (Suripin, 2004). Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

1. Plot data kedalaman air hujan untuk tiap stasiun hujan pada peta.
2. Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air hujan yang sama. Interval Isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm.
3. Hitung luas area antara dua garis Isohyet yang berdekatan dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua Isohyet yang berdekatan.
4. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_2 + R_3}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n-1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

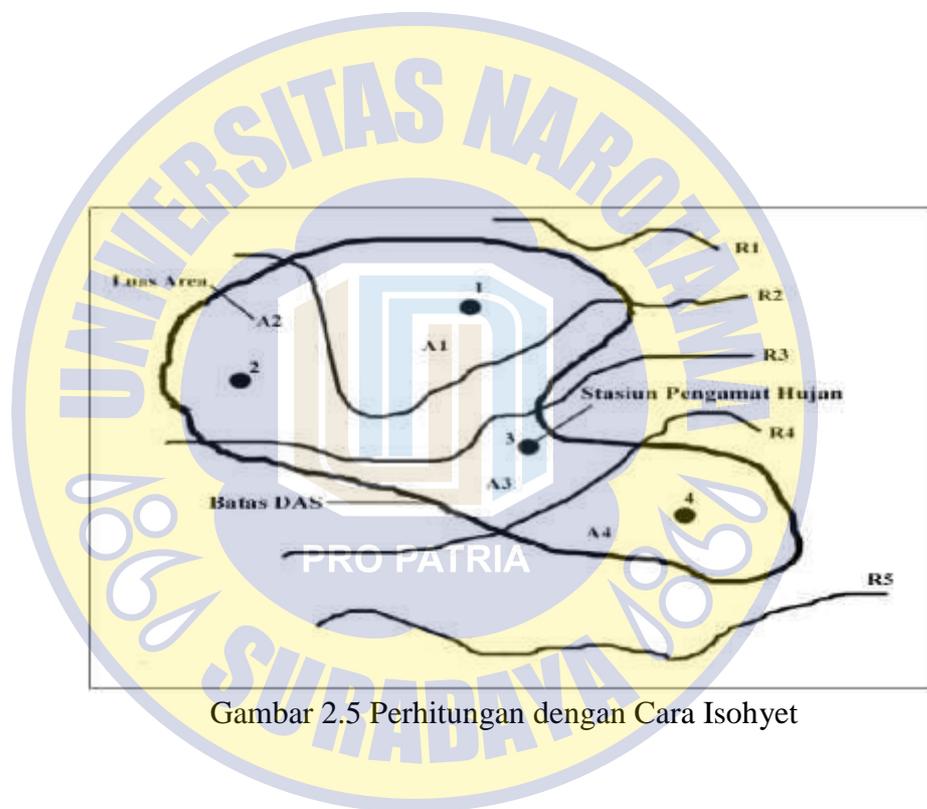
Dimana :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian yang dibatasi oleh *isohyet-isohyet* (km²)

Jika stasiun hujannya relatif lebih padat dan memungkinkan untuk untuk membuat garis Isohyet maka metode ini akan menghasilkan hasil yang lebih teliti. Peta Isohyet harus mencantumkan sungai-sungai utamanya, garis-garis kontur dan mempertimbangkan topografi, arah angin, dan lain-lain di daerah bersangkutan. Jadi untuk mebuat peta Isohyet yang baik, diperlukan pengetahuan, keahlian dan pengalaman yang cukup (Sosrodrasono, 2003).



Gambar 2.5 Perhitungan dengan Cara Isohyet

2.2.2 Analisis Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramalkan besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Dari curah hujan rata-rata berbagai stasiun yang ada di daerah aliran sungai, selanjutnya dianalisis secara statistik untuk mendapatkan pola distribusi data curah hujan yang sesuai dengan pola distribusi

data curah hujan rata-rata. Untuk memprediksi curah hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi data hujan. (Soewarno, 1995)

Analisis frekuensi adalah metode analisis untuk memperoleh besaran hujan/debit banjir dengan periode ulang yaitu suatu kejadian yang diharapkan terjadi, rata-rata sekali setiap N tahun atau dengan perkataan lain tahun berulangnya N tahun. Kejadian pada suatu kurun waktu tertentu tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi terdapat suatu kemungkinan dalam 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian 10 tahunan. Data yang diperlukan untuk menunjang teori kemungkinan ini adalah minimum 20 besaran hujan atau debit dengan harga tertinggi dalam setahun jelasnya diperlukan data minimum 20 tahun.

Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan maupun data debit. Analisis ini sering dianggap sebagai cara analisis yang paling baik, karena dilakukan terhadap data yang terukur langsung yang tidak melewati pengalihragaman terlebih dahulu.

Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran debit banjir di masa yang akan datang. Berdasarkan hal tersebut maka berarti bahwa sifat statistik data yang akan datang diandaikan masih sama dengan sifat statistik data yang telah tersedia. Secara fisik dapat diartikan bahwa sifat klimatologis dan sifat hidrologi DAS diharapkan masih tetap sama. Hal terakhir ini yang tidak akan dapat diketahui sebelumnya, lebih-lebih yang berkaitan dengan tingkat aktivitas manusia (human activities). (Sri Harto, 1993)

Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

- Pemilihan jenis distribusi.
- Uji kecocokan distribusi.
- Perhitungan curah hujan rencana dengan distribusi terpilih.

2.2.2.1 Pemilihan Jenis Distribusi

Dalam analisis frekuensi data hidrologi baik data hujan maupun data debit sungai terbukti bahwa sangat jarang dijumpai seri data yang sesuai dengan distribusi normal. Sebaliknya, sebagian besar data hidrologi sesuai dengan jenis distribusi yang lainnya.

Masing-masing distribusi memiliki sifat-sifat khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing distribusi tersebut. Pemilihan distribusi yang tidak benar dapat mengundang kesalahan perkiraan yang cukup besar. Dengan demikian pengambilan salah satu distribusi secara sembarang untuk analisis tanpa pengujian data hidrologi sangat tidak dianjurkan.

Dalam statistik terdapat berbagai macam distribusi teoritis yang semuanya dapat dibagi menjadi dua, yaitu : distribusi diskrit dan distribusi kontinyu. Distribusi diskrit meliputi distribusi binomial dan poisson, sedangkan distribusi kontinyu meliputi distribusi Normal, Log Normal, Pearson dan Gumbel. (Soewarno, 1995)

Adapun diantaranya yang banyak digunakan dalam perhitungan hidrologi adalah sebagai berikut :

1. Distribusi normal.
2. Distribusi log normal.
3. Distribusi Gumbel.
4. Distribusi log Pearson III.

Pemilihan jenis distribusi dapat ditentukan dengan menggunakan tabel pedoman pemilihan distribusi.

Tabel 2.5 Pedoman Pemilihan Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$
Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$
Log Normal	$C_s \approx 3 C_v + C_v^2 = 3$ $C_k = 5,383$

(Sumber : CD. Soemarto, 1999)

Untuk menentukan jenis distribusi dengan menggunakan tabel pedoman pemilihan distribusi, terlebih dahulu dilakukan perhitungan parameter statistik. Parameter yang digunakan dalam perhitungan meliputi parameter nilai rata-rata (\bar{X}), standar deviasi (S), koefisien variasi (C_v), koefisien kemiringan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k).

Perhitungan parameter tersebut didasarkan pada data catatan tinggi hujan harian rata-rata minimum 20 tahun terakhir. Untuk memudahkan perhitungan, maka proses analisisnya dilakukan secara matriks dengan menggunakan tabel. Sementara untuk memperoleh harga parameter statistik dilakukan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut :

1. Nilai Rata-rata (\bar{X})

- Untuk distribusi Normal dan Gumbel

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

- Untuk distribusi Log Normal dan Log Pearson Tipe III

$$\overline{\log(X)} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n}$$

Dimana :

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan.

X_i = Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i.

$\overline{\log(X)}$ = Nilai rata-rata logaritmik.

$\log(X_i)$ = Nilai logaritmik pengukuran dari suatu curah hujan ke-i.

n = Jumlah data curah hujan.

2. Standar Deviasi (S)

Ukuran distribusi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. Apabila penyebaran sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai S akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka nilai S akan kecil. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

- Untuk distribusi Normal dan *Gumbel*

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

- Untuk distribusi Log Normal dan Log Pearson Tipe III

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^2}{n-1}}$$

Dimana :

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan.

X_i = Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i.

$\overline{\log(X)}$ = Nilai rata-rata logaritmik.

$\log(X_i)$ = Nilai logaritmik pengukuran dari suatu curah hujan ke-i.

n = Jumlah data curah hujan.

3. Koefisien Skewness (Cs)

Kemencengan (skewness) adalah ukuran asimetri atau penyimpangan kesimetrian suatu distribusi. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

- Untuk distribusi Normal dan Gumbel

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

- Untuk distribusi Log Normal dan Log *Pearson* Tipe III

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n \{ \log(X_i) - \overline{\log(X)} \}^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

Dimana :

Cs = Koefisien kemencengan.

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan.

X_i = Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i.

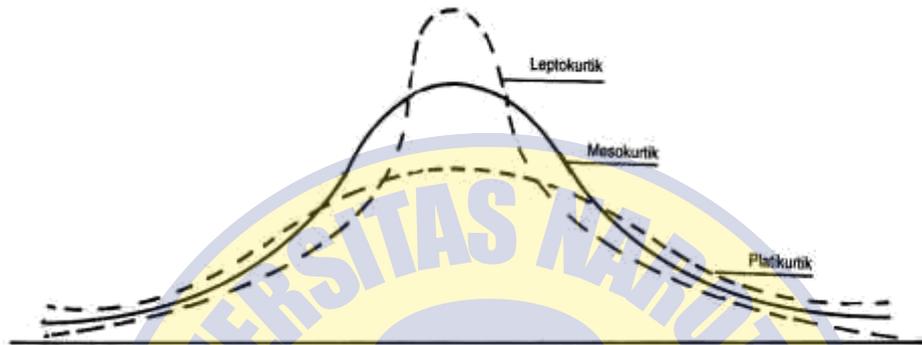
$\overline{\log(X)}$ = Nilai rata-rata logaritmik.

$\log(X_i)$ = Nilai logaritmik pengukuran dari suatu curah hujan ke-i.

n = Jumlah data curah hujan.

4. Koefisien Kurtosis (Ck)

Kurtosis merupakan kepuncakan (peakedness) distribusi. Biasanya hal ini dibandingkan dengan distribusi normal yang mempunyai $Ck = 3$ dinamakan mesokurtik, $Ck < 3$ berpuncak tajam dinamakan leptokurtik, sedangkan $Ck > 3$ berpuncak datar dinamakan platikurtik.



Gambar 2.6 Koefisien Kurtosis

Rumus koefisien kurtosis adalah (Soewarno, 1995) :

- Untuk distribusi Normal dan Gumbel

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

- Untuk distribusi Log normal dan Log *Pearson* Tipe III

$$Cs = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{\log(Xi) - \overline{\log(X)}\}^4}{(n-1)(n-2)(n-2)S^4}$$

Dimana :

Ck = Koefisien kurtosis.

S = Standar deviasi.

\bar{X}	= Nilai rata-rata curah hujan.
X_i	= Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i.
$\overline{\log(X)}$	= Nilai rata-rata logaritmik.
$\log(X_i)$	= Nilai logaritmik pengukuran dari suatu curah hujan ke-i.
n	= Jumlah data curah hujan.

5. Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

- Untuk distribusi Normal dan Gumbel

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

- Untuk distribusi Log Normal dan Log *Pearson* tipe III

$$Cv = \frac{S}{\overline{\log(X)}}$$

Dimana :

Cv = Koefisien variasi.

S = Standar deviasi.

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan.

$\overline{\log(X)}$ = Nilai rata-rata logaritmik.

2.2.2.2 Pengujian Kecocokan

Uji kecocokan dilakukan untuk mengetahui jenis distribusi yang paling sesuai dengan data hujan. Uji kecocokan distribusi dilakukan dengan menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat menggambarkan atau mewakili dari distribusi statistik sample data yang dianalisis tersebut. (Soemarto, 1999)

Ada dua jenis uji kecocokan (Goodness of fit test) yaitu uji kecocokan Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorof. Umumnya pengujian dilaksanakan dengan cara menggambarkan data pada kertas peluang (cara grafis) dan menentukan apakah data tersebut merupakan garis lurus, atau dengan membandingkan kurva frekuensi dari data pengamatan terhadap kurva frekuensi teoritisnya. (Soewano, 1995)

Pada penggunaan uji Smirnov-Kolmogorov, meskipun perhitungan matematis namun kesimpulan hanya berdasarkan bagian tertentu (sebuah variant) yang mempunyai penyimpangan terbesar, sedangkan uji Chi-Kuadrat menguji penyimpangan distribusi data pengamatan dengan mengukur secara matematis kedekatan antara data pengamatan dan seluruh bagian garis persamaan distribusi teoritisnya. Dengan demikian uji Chi-Kuadrat lebih teliti dibanding dengan uji Smirnov-Kolmogorov. (Soewarno, 1995)

1. Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorof

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (non parametrik test) karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi

distribusi tertentu. Dengan membandingkan kemungkinan (probability) untuk setiap varian, dari distribusi empiris dan teoritisnya, akan terdapat perbedaan (D) tertentu. Adapun prosedur uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof adalah sebagai berikut :

1. Mengurutkan data (dari nilai terkecil hingga nilai terbesar) dan tentukan besarnya peluang $P(X)$ dari masing-masing data tersebut dengan rumus :

$$P(X) = \frac{m}{n+1}$$

Dimana :

$P(X)$ = Besarnya peluang data.

m = Nomor urut.

n = Jumlah data.

2. Menghitung besarnya $P(X <)$

$$P(X <) = 1 - P(X)$$

3. Menentukan nilai $P'(X)$ dengan menggunakan tabel distribusi normal baku. Dalam penentuan $P'(X)$ dibutuhkan nilai z yang rumusnya adalah sebagai berikut :

$$z = \frac{Xi - \bar{X}}{S}$$

Dimana :

z = Angka baku.

Xi = Nilai besaran data.

\bar{X} = Nilai rata-rata besaran data.

Tabel 2.6 Hubungan Antara Nilai z, Derajat Kepercayaan dan Nilai Peluang

$P'(X)$

z	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-2,50	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,40	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,30	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,20	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,10	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-2,00	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,90	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
-1,80	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,70	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,60	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,50	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,40	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
-1,30	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,20	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-1,10	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
-1,00	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,90	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,80	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,70	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,60	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,50	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
-0,40	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,30	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,20	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,10	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,00	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,10	0,5398	0,5359	0,5319	0,5279	0,5239	0,5199	0,5160	0,5120	0,5080	0,5040
0,20	0,5793	0,5753	0,5714	0,5675	0,5636	0,5596	0,5557	0,5517	0,5478	0,5438
0,30	0,6179	0,6141	0,6103	0,6064	0,6026	0,5987	0,5948	0,5910	0,5871	0,5832
0,40	0,6554	0,6517	0,6480	0,6443	0,6406	0,6368	0,6331	0,6293	0,6255	0,6217

Lanjutan Tabel 2.6

0,50	0,6915	0,6879	0,6844	0,6808	0,6772	0,6736	0,6700	0,6664	0,6628	0,6591
0,60	0,7257	0,7224	0,7190	0,7157	0,7123	0,7088	0,7054	0,7019	0,6985	0,6950
0,70	0,7580	0,7549	0,7517	0,7486	0,7454	0,7422	0,7389	0,7357	0,7324	0,7291
0,80	0,7881	0,7852	0,7823	0,7794	0,7764	0,7734	0,7704	0,7673	0,7642	0,7611
0,90	0,8159	0,8133	0,8106	0,8078	0,8051	0,8023	0,7995	0,7967	0,7939	0,7910
1,00	0,8413	0,8389	0,8365	0,8340	0,8315	0,8289	0,8264	0,8238	0,8212	0,8186
1,10	0,8643	0,8621	0,8599	0,8577	0,8554	0,8531	0,8508	0,8485	0,8461	0,8438
1,20	0,8849	0,8830	0,8810	0,8790	0,8770	0,8749	0,8729	0,8708	0,8686	0,8665
1,30	0,9032	0,9015	0,8997	0,8980	0,8962	0,8944	0,8925	0,8907	0,8888	0,8869
1,40	0,9192	0,9177	0,9162	0,9147	0,9131	0,9115	0,9099	0,9082	0,9066	0,9049
1,50	0,9332	0,9319	0,9306	0,9292	0,9279	0,9265	0,9251	0,9236	0,9222	0,9207
1,60	0,9452	0,9441	0,9429	0,9418	0,9406	0,9394	0,9382	0,9370	0,9357	0,9345
1,70	0,9554	0,9545	0,9535	0,9525	0,9515	0,9505	0,9495	0,9484	0,9474	0,9463
1,80	0,9641	0,9633	0,9625	0,9616	0,9608	0,9599	0,9591	0,9582	0,9573	0,9564
1,90	0,9713	0,9706	0,9699	0,9693	0,9686	0,9678	0,9671	0,9664	0,9656	0,9649
2,00	0,9772	0,9767	0,9761	0,9756	0,9750	0,9744	0,9738	0,9732	0,9726	0,9719
2,10	0,9821	0,9817	0,9812	0,9808	0,9803	0,9798	0,9793	0,9788	0,9783	0,9778
2,20	0,9861	0,9857	0,9854	0,9850	0,9846	0,9842	0,9838	0,9834	0,9830	0,9826
2,30	0,9893	0,9890	0,9887	0,9884	0,9881	0,9878	0,9875	0,9871	0,9868	0,9864
2,40	0,9918	0,9916	0,9913	0,9911	0,9909	0,9906	0,9904	0,9901	0,9898	0,9896
2,50	0,9938	0,9936	0,9934	0,9932	0,9931	0,9929	0,9927	0,9925	0,9922	0,9920

(Sumber : Soewarno 1995) PRO PATRIA

4. Menghitung besarnya $P'(X <)$

$$P'(X <) = 1 - P'(X >)$$

5. Dari kedua nilai peluang tersebut, ditentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D \text{ maks} = \text{maksimum} [P'(X <) - P'(X >)]$$

6. Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogorof test), tentukan harga

D kritis pada Tabel 2.6.

- 7.

Tabel 2.7 Nilai Dkritis untuk Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorof

Jumlah data (n)	Derajat Kepercayaan (α)			
	0,2	0,1	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	0,3	0,34	0,4
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	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

(Sumber : Soewarno, 1995)

8. Apabila harga $D_{maks} < D_{kritis}$, maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, namun apabila $D_{maks} > D_{kritis}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

2. Uji Chi-Kuadrat

Uji keselarasan dengan menggunakan pengujian Chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sample data yang dianalisis. Rumus yang digunakan adalah :

$$f^2 = \sum_{i=1} \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i}$$

Dimana :

f^2 = Harga Chi-Kuadrat.

O_i = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama.

E_i = Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya.

Prosedur perhitungan uji Chi-Kuadrat adalah :

1. Urutkan data pengamatan dari besar ke kecil.
2. Hitunglah jumlah kelas yang ada (K) = $1 + 3,322 \log n$. Dalam pembagian kelas disarankan agar setiap kelas terdapat minimal lima buah pengamatan.
3. Hitung nilai $E_i = \left[\frac{n}{K} \right]$
 E_i merupakan bilangan bulat.
4. Hitunglah banyaknya O_i untuk masing-masing kelas.
5. Hitung nilai f^2 untuk setiap kelas kemudian hitung nilai total f^2_{Cr} dari tabel untuk derajat nyata tertentu yang sering diambil sebesar 5% dengan parameter derajat kebebasan.

Dimana

$$f^2_{hitung} \leq f^2_{cr} \text{ tabel} \Rightarrow OK$$

$$f^2_{hitung} > f^2_{cr} \text{ tabel} \Rightarrow \text{Tidak OK}$$

Rumus derajat kebebasan adalah :

$$DK = K - (R + 1)$$

Dimana :

DK = derajat kebebasan.

K = kelas.

R = banyaknya keterikatan (biasanya diambil $R = 2$ untuk distribusi normal dan binomial dan $R = 1$ untuk distribusi Poisson dan Gumbel)

Tabel 2.8 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat

Dk	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	0.0694444	0.1395833	0.3513889	0.0715278	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.4979167	0.0798611	0.15	0.2444444	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.14375	0.20625	0.3361111	0.49375	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.2861111	0.3847222	0.5770833	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.4694444	0.6055556	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.6868056	1.239	0.0895833	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	02.18	2.733	15.507	17.535	20.09	21.955
9	1.735	2.088	02.07	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	214.92	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	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.161	7.261	24.996	27.488	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	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.17.00	37.566	39.997

Lanjutan Tabel 2.8

22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
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	10.52	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.16	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	43.773	46.979	50.892	53.672

(Sumber : CD. Soemarto, 1999)

3. Pengujian Kecocokan dengan Cara Grafis

Perkiraan kasar periode ulang atau curah hujan yang mungkin, lebih mudah dilakukan dengan menggunakan kertas kemungkinan. Kertas kemungkinan normal (normal probability paper) digunakan untuk curah hujan tahunan yang mempunyai distribusi yang hampir sama dengan distribusi normal, dan kertas kemungkinan logaritmis normal (logarithmic-normal probability paper) digunakan untuk curah hujan harian maksimum dalam setahun yang mempunyai distribusi normal logaritmis. (Sosrodarsono dan Takeda, 1977)

Plotting data distribusi frekuensi dalam kertas probabilitas bertujuan untuk mencocokkan rangkaian data dengan jenis distribusi yang dipilih, dimana kecocokan dapat dilihat dengan persamaan garis yang membentuk garis lurus.

Hasil plotting juga dapat digunakan untuk menaksir nilai tertentu dari data baru yang kita peroleh. (Soewarno, 1995)

Analisis menggunakan kertas grafik dilakukan dengan cara menghitung besarnya penyimpangan titik-titik curah hujan terhadap garis teoritisnya. Distribusi yang mempunyai penyimpangan terkecil akan dipilih untuk perhitungan curah hujan rencana selanjutnya. Oleh karena itu dalam analisis menggunakan kertas grafik dibutuhkan plotting titik-titik curah hujan dan penggambaran garis linear teoritisnya.

a. Garis Linear Teoritis

Dalam penggambaran garis linear teoritis diperlukan data curah hujan rencana berdasarkan jenis distribusinya (X_t) dan rencana periode ulang T tahun (T_r). Nilai X_t digunakan sebagai sumbu ordinat dan probability $\left(1 - \frac{1}{T_r}\right) \times 100\%$ sebagai sumbu absisnya.

b. Plotting Data Curah Hujan

Plotting data curah hujan pada kertas probabilitas dilakukan dengan cara mengurutkan data curah hujan dari besar ke kecil atau sebaliknya. Ada 3 jenis kertas probabilitas, yaitu kertas probabilitas Normal, Gumbel dan Log Normal.

Penggambaran posisi (plotting positions) pada kertas probabilitas Normal dan Gumbel yang dipakai adalah cara yang dikembangkan oleh Weibull dan Gumbel, yaitu :

$$P(X_m) = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

Dimana :

- $P(X_m)$ = Data yang telah diranking dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- m = Nomor urut.
- n = Jumlah data (20).

2.2.2.3 Analisis Curah Hujan Rencana Metode Terpilih

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramalkan besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Dari curah hujan rata-rata berbagai stasiun yang ada di daerah aliran sungai, selanjutnya dianalisis secara statistik untuk mendapatkan jenis distribusi yang akan digunakan dalam perhitungan. Adapun rumus perhitungan curah hujan rencana dengan distribusi Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut :

a. Distribusi Gumbel

Umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir. Fungsi kerapatan peluang distribusi (Probability Density Function) dari distribusi Gumbel adalah :

$$P(X \leq x) = e^{(-e)^{-y}}$$

Dimana :

$$-\infty < X < +\infty$$

$P(X \leq x)$ = Probability Density Function dari distribusi Gumbel.

X = Variabel acak kontinyu.

e = 2,71828.

Y = Faktor reduksi *Gumbel*.

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi Gumbel digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (CD. Soemarto, 1999) :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n}(Y_T - Y_n)$$

Hubungan antara periode ulang T dengan Y_T dapat dihitung dengan rumus :

untuk $T \geq 20$, maka : $Y = \ln T$

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right]$$

Dimana :

X_T = Nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun.

\bar{X} = Nilai rata-rata hujan.

S = Standar deviasi (simpangan baku).

Y_T = Nilai reduksi varian (*reduced variate*) dari variabel yang diharapkan terjadi pada
Pada periode ulang T tahun.

Y_n = Nilai rata-rata dari reduksi varian (*reduce mean*) nilainya tergantung dari jumlah
Data (n)

S_n = Deviasi standar dari reduksi varian (*reduced standart deviation*) nilainya tergantung dari jumlah data (n).

Tabel 2.9 *Reduced Mean* (Y_n) untuk Metode distribusi Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,495	0,5	0,504	0,507	0,51	0,513	0,516	0,518	0,52	0,522
20	0,524	0,525	0,527	0,528	0,53	0,53	0,582	0,588	0,534	0,535
30	0,536	0,537	0,538	0,539	0,54	0,54	0,541	0,542	0,542	0,543
40	0,546	0,544	0,545	0,545	0,546	0,547	0,547	0,547	0,548	0,548
50	0,549	0,549	0,549	0,55	0,55	0,55	0,551	0,551	0,552	0,552
60	0,552	0,552	0,553	0,553	0,553	0,554	0,554	0,554	0,554	0,555
70	0,555	0,555	0,555	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,557	0,557
80	0,557	0,557	0,557	0,557	0,558	0,558	0,558	0,558	0,558	0,559
90	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,56	0,56	0,56	0,56
100	0,56									

(Sumber : CD. Soemarto,1999)

Tabel 2.10 *Reduced Standard Deviation* (S_n) untuk Metode Distribusi Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,968	0,983	0,997	1,01	1,021	1,032	1,041	1,049	1,057
20	1,063	1,07	1,075	1,081	1,086	1,032	1,096	1,1	1,105	1,108
30	1,112	1,116	1,119	1,123	1,126	1,129	1,131	1,134	1,136	1,139
40	1,141	1,144	1,146	1,148	1,15	1,152	1,154	1,156	1,157	1,159
50	1,161	1,192	1,164	1,166	1,167	1,168	1,17	1,171	1,172	1,173
60	1,175	1,176	1,177	1,178	1,179	1,18	1,181	1,182	1,183	1,184
70	1,185	1,186	1,187	1,188	1,189	1,19	1,191	1,192	1,192	1,193
80	1,194	1,195	1,195	1,196	1,197	1,197	1,198	1,199	1,199	1,2
90	1,201	1,201	1,203	1,203	1,204	1,204	1,205	1,205	1,206	1,206
100	1,2065									

(Sumber : CD.Soemarto,1999)

Tabel 2.11 Reduced Variate (YT) untuk Metode Distribusi Gumbel

Periode Ulang (Tahun)	Reduced Variate
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,296
500	6,214
1000	6,919
5000	8,539
10000	9,921

(Sumber : CD. Soemarto, 1999)

b. Distribusi Log-Pearson Tipe III

Distribusi Log-Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi Log-Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik. Probability Density Function dari distribusi Log-Pearson tipe III adalah :

$$P(X) = \frac{1}{(a)\Gamma(b)} \left[\frac{X-c}{a} \right]^{b-1} . e^{-\left[\frac{X-c}{a} \right]}$$

Dimana :

$P(X)$ = Probability Density Function dari distribusi Log-Pearson tipe III dari variat X.

X = nilai variat X.

a = parameter skala.

b = parameter bentuk.

c = parameter letak.

Γ = fungsi gamma.

Metode Log-Pearson tipe III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (CD. Soemarto, 1999) :

$$Y = \bar{Y} + K.S$$

Dimana :

Y = nilai logaritmik dari X atau log (X).

X = data curah hujan.

\bar{Y} = rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y.

K = karakteristik distribusi peluang Log-Pearson tipe III.

Tabel 2.12 Harga K untuk Metode Distribusi Log Pearson Tipe III

Koefisien Kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun							
	2,000	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50,000	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465

Lanjutan Tabel 2.12

-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber : CD. Soemarto, 1999)

c. Distribusi Normal

Distribusi normal banyak digunakan dalam analisis hidrologi, misal dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Probability Density Function dari

distribusi normal adalah :

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{X-\mu}{\sigma}\right]^2}$$

Dimana :

$P(X)$ = logaritmik dari X atau $\log(X)$.

π = 3,14156.

e = 2,71828.

X = variabel acak kontinu.

μ = rata-rata nilai X.

σ = deviasi standar nilai X.

Untuk analisis kurva normal cukup menggunakan parameter statistik μ dan σ . Bentuk kurvanya simetris terhadap $X = \mu$ dan grafiknya selalu di atas sumbu datar X, serta mendekati sumbu datar X, dimulai dari $X = -\infty$. Nilai mean = modus = median. Nilai X mempunyai batas $-\infty < X < +\infty$.

Luas dari kurva normal selalu sama dengan satu unit, sehingga :

$$P(-\infty < X < +\infty) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{X-\mu}{\sigma}\right]^2} dx = 1,0$$

Untuk menentukan peluang nilai X antara $X = x_1$ dan $X = x_2$, adalah :

$$P(X_1 < X < X_2) = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{X-\mu}{\sigma}\right]^2} dx$$

Apabila nilai X adalah standar, dengan kata lain nilai rata-rata $\mu = 0$ dan deviasi standar $\sigma = 1,0$, maka persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}t^2}$$

Dengan $t = \frac{X - \mu}{\sigma}$

Persamaan di atas disebut dengan distribusi normal standar (standard normal distribution). Tabel 2.6. menunjukkan wilayah luas di bawah kurva normal, yang merupakan luas dari bentuk kumulatif (cumulative form) dan distribusi normal.

Tabel 2.13 Probabilitas Kumulatif Distribusi Normal Standar

1	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,001	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,001	0,001
-2,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021	0,002	0,0019
-2,7	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,003	0,003	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,004	0,004	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,006	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048

Lanjutan Tabel 2.13

-2,4	0,0082	0,008	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0094	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,01119	0,0116	0,0113	0,011
-2,1	0,0179	0,0174	0,017	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,015	0,0146	0,0143
-2	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,025	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,109	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
-1	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1710	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0	0,5000	0,5047	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8505	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621

Lanjutan Tabel 2.13

1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9541	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,975	0,9756	0,9761	0,9767
2	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,983	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,985	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9891	0,9884	0,9887	0,989
2,3	0,9893	0,9896	0,9896	0,9901	0,9999	0,99991	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,992	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,994	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,996	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,997	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,998	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,999	0,999
3,1	0,999	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

(Sumber: Triatmodjo, 2010)

d. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik variat X . Distribusi Log-Pearson III akan menjadi distribusi log normal apabila nilai koefisien kemencengan $CS = 0,00$. Secara matematis Probability Density Function dari distribusi Log Normal ditulis sebagai berikut :

$$P(X) = \frac{1}{(\log X)(S)(\sqrt{2\pi})} \cdot \exp\left\{\frac{1}{2}\left(\frac{\log X - \bar{X}}{S}\right)^2\right\}$$

Dimana :

$P(X)$ = Probability Density Function dari distribusi Log Normal.

X = Nilai variat pengamatan.

\bar{X} = Nilai rata-rata dari logaritmik variat X , umumnya dihitung nilai

rata-rata geometriknya.

$$X = \{(X_1)(X_2)(X_3)...(X_n)\}^{\frac{1}{n}}$$

S = deviasi standar dari logaritmik nilai variat X .

Metode log normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$X_t = \bar{X} + Kt.S$$

X_t = Besarnya curah hujan dengan periode ulang T tahun.

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm).

S = Standar Deviasi data hujan harian maksimum.

Kt = Standard Variable untuk periode ulang t tahun.

Tabel 2.14 Standard Variable (Kt) untuk Metode Distribusi Log Normal

T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt
1	-1,86	20	1,89	90	3,34
2	-0,22	25	2,1	100	3,45
3	0,17	30	2,27	110	3,53
4	0,44	35	2,41	120	3,62
5	0,64	40	2,54	130	3,7
6	0,81	45	2,65	140	3,77
7	0,95	50	2,75	150	3,84
8	1,06	55	2,86	160	3,91
9	1,17	60	2,93	170	3,97
10	1,26	65	3,02	180	4,03
11	1,35	70	3,08	190	4,09
12	1,43	75	3,6	200	4,14
13	1,5	80	3,21	221	4,24
14	1,57	85	3,28	240	4,33

(Sumber : CD. Soemarto, 1999)

Dari keempat metode yang digunakan diatas, diambil salah satu metode yang memenuhi persyaratan. Dari jenis distribusi yang telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokan distribusinya. Hasil uji kecocokan distribusi menunjukkan distribusinya dapat diterima atau tidak.

2.2.3 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas - Durasi - Frekuensi (IDF =

Intensity – Duration – Frequency Curve). Diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman untuk membentuk lengkung IDF. Data hujan jenis ini hanya dapat diperoleh dari pos penakar hujan otomatis. Selanjutnya, berdasarkan data hujan jangka pendek tersebut lengkung IDF dapat dibuat. (Suripin, 2004)

Untuk menentukan debit banjir rencana (design flood) perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan terutama bila digunakan metoda rational. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau (Loebis, 1987).

Menurut Dr. Mononobe, untuk menghitung intensitas curah hujan dapat digunakan rumus empiris sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

t = Lamanya curah hujan (jam).

R24 = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

2.2.4 Analisis Debit Banjir Rencana

Metode yang biasa digunakan untuk menghitung debit banjir umumnya sebagai berikut :

2.2.4.1 Metode Rasional

Debit banjir rencana pada umumnya direncanakan untuk membuang air secepatnya. Pada perhitungan ini debit banjir rencana dihitung menggunakan metode Rasional :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I_t \cdot A$$

Dimana :

Q = Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi, dan frekuensi tertentu (m³/detik)

I_t = Intensitas Hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan (km²)

C = Koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan yang nilainya dapat dilihat pada tabel

2.2.4.2 Metode Widuwen

Untuk menghitung debit rancangan dengan metode Der Weduwen didasarkan pada rumus berikut (Joesron Loebis, 1992):

$$Q_n = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A$$

$$\alpha = 1 - \frac{4.1}{\beta \cdot q_n \cdot t + 7}$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} A}{120 + A}$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} \cdot \frac{67.65}{t+1.45}$$

$$t = 0.25 L Q^{-0.125} I^{-0.125}$$

Dimana :

- Q_n = debit rancangan (m³/detik) dengan kala ulang n tahun
 R_n = curah hujan rancangan (mm/hari) periode ulang n tahun
 α = koefisien limpasan air hujan
 β = koefisien pengurangan luas untuk curah hujan di daerah aliran sungai
 q_n = luasan curah hujan (m³/detik km²)
 A = luas DAS
 t = lamanya hujan (jam)
 L = panjang sungai (km)
 I = kemiringan sungai

2.2.4.3 Metode Hasper

Metode yang digunakan untuk mengestimasi debit rancangan menggunakan

rumus :

$$Q_i = \alpha \cdot \beta \cdot A \cdot q_t$$

Dengan :

$$\alpha = \frac{1+0,012 \cdot A^{0,7}}{1+0,075 \cdot A^{0,7}}$$

$$t_c = 0,1 \cdot L^{0,8} \cdot I^{-0,3}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+(3,7 \cdot 10^{-0,4t})}{t^2+15} \cdot \frac{A^{3/4}}{12}$$

$$q_t = \frac{Rt}{3,6 \cdot t}$$

Untuk $t < 2$ jam

$$Rt = \frac{t \cdot R_{24}}{t + 1 - 0,008 (260 - R_{24})(2-t)^2}$$

Untuk $2 \text{ jam} < t < 19$ jam

$$Rt = \frac{t \cdot R_{24}}{t + 1}$$

Untuk $19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari}$

$$R_t = 0,707 \cdot R_{24} (t - 1) \cdot 0,5$$

Dimana :

α = koefisien pengaliran

β = koefisien reduksi

t = waktu konsentrasi (m)

A = luas DAS (km²)

L = panjang sungai (km)

I = kemiringan sungai rerata

R_{24} = curah hujan rancangan (mm)

R_t = intensitas hujan

Q_t = hujan maksimum (m³/km³/det)

2.2.5 Perhitungan Kapasitas Saluran

Perhitungan kapasitas eksisting dilakukan bertujuan untuk mengetahui kapasitas debit yang dapat ditampung oleh saluran. Hal ini dilakukan sebelum melakukan perencanaan dimensi eksisting sungai. Perhitungan yang dipakai adalah menggunakan persamaan kontinuitas, persamaan tersebut dinyatakan dengan :

$$Q = A \cdot V$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m³/detik)

A = Luas Penampang basah saluran (m²)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

Untuk menentukan V dilakukan perhitungan dengan metode Manning,

dengan rumus :

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Dimana :

n = Koefisien kekasaran dinding dan dasar saluran (koefisien Manning)

R = Jari-jari hidrolis ($R=A/P$)

P = Keliling basah penampang saluran (m)

I = Kemiringan dasar saluran

Sumber : Suripin, 2003;144

Untuk koefisien kekasaran Manning dapat dilihat pada tabel 2.15

Saluran	Keterangan	n Manning
Tanah	Lurus, baru, seragam, Landai dan bersih	0,016 - 0,033
	berkelok, landai dan berumput	0,023 - 0,040
	tidak terawat dan kotor	0,050 - 0,140
	tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 - 0,045
Pasangan	Batu kosong	0,023 - 0,035
	Pasangan batu belah	0,017 - 0,030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0,014 - 0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018 - 0,030

(Sumber : Suripin, 2003;144)

Tabel 2.16 Tipikal harga koefisien kekasaran Manning, n, yang sering digunakan

No	Tipe Saluran	Jenis bahan	Harga		
			Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton	Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
		Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	0,014
		Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
		Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2	Tanah, lurus dan seragam	Bersih baru	0,016	0,018	0,020
		Bersih tidak melapuk	0,018	0,022	0,025
		Berkerikil	0,022	0,025	0,030
		Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3	Saluran Alam	Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
		Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
		Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
		Dataran banjir berumput pendek - tinggi	0,025	0,030	0,035
		Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

(Sumber : Van Te Chow, 2009)

2.2.6 Rumah Pompa

Pembangunan rumah pompa merupakan salah satu program pengendalian banjir guna mengatasi permasalahan banjir. Rumah Pompa sendiri merupakan tempat yang digunakan oleh pompa air untuk memindahkan atau menaikkan debit air serta mengatur besarnya air yang dapat dikeluarkan oleh pompa tersebut. proses pengambilan keputusan lokasi rumah pompa yang tepat, yang tentunya perlu adanya penambahan beberapa kriteria diantaranya dengan melihat kepadatan penduduk sekitar lokasi. (Lutfiyah, 2010)

Pompa dapat di artikan sebagai penambah energi untuk menggerakkan cairan dari suatu tempat ke tempat lainnya. Oleh karena itu energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja, maka penambahan energi akan menggerakkan/mengalirkan cairan dari suatu tempat ke tempat lainnya baik melalui sarana pembantu seperti pipa, maupun secara langsung (Dietzel,1996)

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (suction) dengan bagian keluar (discharge). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada di sepanjang pengaliran (White, 1997).

Pompa sebagai salah satu mesin aliran fluida hidrolis pada dasarnya digunakan untuk memindahkan fluida tak mampat (incompressible fluids) dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida yang dipindahkan tersebut. Pompa akan memberikan energi mekanis pada fluida kerjanya, dan energi yang diterima fluida digunakan untuk menaikkan tekanan dan melawan tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran-saluran instalasi pompa. Selain menghitung kekuatan material komponen, dalam merancang pompa sentrifugal insinyur harus memiliki kemampuan dalam mendeteksi sistem dari bahaya kavitasi, masalah besar dalam memompa industri. Dengan mengetahui tanda-tanda kavitasi, dan benar mengidentifikasi dan memahami jumlah dan metode kavitasi menghindari, kita bisa menjamin stabilitas operasi pompa dirancang (Khoryanton,2007).

2.2.6.1 Pompa

Pompa sumersibel atau submersible pumps memiliki motor penggerak yang digabungkan menjadi satu kesatuan dengan impeler dan selubung impeler pompa yang secara keseluruhan dapat terendam air. Sedangkan jenis impelernya bisa dari jenis aliran radial, aliran campur atau aliran aksial.

1. Perhitungan/Analisis Kapasitas Pompa

Setelah debit pada perencanaan kolam tampung polder tersebut diketahui, kapasitas air yang akan dipompa persatuan waktu dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q_p = Q_{\max} - \left[\frac{2x Q_{\max} x V_t}{ntc} \right]^{0,5}$$

Dimana:

Q_p = Kapasitas pompa drainase (m³/det)

Q_{\max} = Debit banjir maksimum (m³/det)

V_t = Volume tampungan total (m³)

ntc = Lama terjadinya banjir (detik)

Volume tampungan total (V_t) terdiri dari 3 (tiga) komponen, yaitu :

1. Volume tampungan di kolam retensi (V_k),
2. Volume genangan yang diizinkan terjadi (V_g),
3. Volum etamoungan di saluran drainase (V_s)

2. Perhitungan/Analisis Kapasitas Pompa menurut Kementerian PU

Diatur dalam Tata Cara Perencanaan, Pelaksanaan, Operasi Pemeliharaan Sistem Pompa dengan rumus :

$$Q_p = Q_{\max} / (24 \times 3600 \times D)$$

Dimana :

Q_p = Kapasitas pompa drainase (m³/det)

D = Lamanya genangan yang diperbolehkan (hari)

2.2.6.2 Kolam Penampungan

Kolam penampungan adalah bangunan/konstruksi yang memiliki fungsi sebagai tampungan sementara air dari saluran pada saat pintu air tertutup karena terjadi air pasang tertinggi pada hilir yang bersamaan dengan hujan yang terjadi pada hulu saluran. Dimana air genangan tersebut masuk ke kolam tampung melalui saluran drainase dan keluar menuju laut melalui saluran pembuang dengan bantuan pompa.

Kolam penampungan ini memiliki kolam pengendapan dan kisi-kisi penyaring dimana fungsinya menguangi sedimen dan sampah yang terbawa oleh aliran sehingga dapat mengurangi endapan sedimen masuk kedalam kolam penampungan.

Dimensi kolam penampungan didasarkan pada perhitungan debit rencana yang masuk ke kolam penampungan dari saluran drainase dan debit rencana yang keluar dari kolam penampungan melalui kinerja pengoprasian pompa. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung dimensi kolam penampungan adalah sebagai berikut :

$$V = L \cdot B \cdot H$$

Dimana :

V = Volume kolam penampungan (m³)

- L = Panjang kolam penampungan (m)
- B = Lebar kolam penampungan (m)
- H = Tinggi kolam penampungan (m)

2.2.6.3 Perhitungan HSS Nakayasu

HSS merupakan metode yang tepat untuk menghitung debit banjir karena dari perhitungan HSS akan menghasilkan nilai debit tiap jam dan pada saat hujan mulai turun, waktu puncak banjir hingga akhir banjir.

Rumus :
$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 \cdot (0,3 \cdot T_p + T_{0,3})}$$

dengan :

$T_p : T_g + 0,8 \text{ tr}$

$T_g : 0,40 + 0,058 \cdot L$, untuk $L > 15\text{km}$

$T_g : 0,21 \cdot L^{0,7}$, untuk $L < 15\text{km}$

$T_{0,3} : \alpha \cdot T_g$

$T_r : 0,5 \text{ tg sampai tg}$

Dimana :

Q_p = Debit puncak banjir (m³/detik)

R_o = hujan satuan (mm)

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

A = Luas daerah tangkapan sampai outlet

C = koefisien pengaliran