

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Provinsi Bali terletak di bagian barat Kepulauan Nusa Tenggara. Bali merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang terkenal dengan destinasi wisata alam maupun budayanya. Perkembangan pariwisata di Provinsi Bali mempengaruhi pertumbuhan penduduk yang berpengaruh terhadap kinerja tata kota dan tentu juga berdampak pada tata air wilayah kota. Seiring bertambahnya jumlah kepadatan penduduk, volume air yang mengalir melalui saluran air juga akan meningkat karena keberadaan daerah resapan air semakin sedikit.

Kabupaten Badung adalah sebuah kabupaten yang terletak di provinsi Bali. Daerah ini yang juga meliputi Kuta dan Nusa Dua yang merupakan sebuah objek wisata yang terkenal dan menjadi salah satu tujuan dari wisatawan asing maupun lokal. Meningkatnya perkembangan pariwisata pada Kabupaten badung membuat perkembangan pembangunan tidak dapat dihindari, hal ini berpengaruh terhadap saluran drainase terutama pada Kelurahan Seminyak.

Seminyak adalah Kelurahan di Kecamatan Kuta, Badung, yang terkenal dengan pantai dan hotel yang ada pada daerah tersebut. Kawasan ini merupakan kawasan pariwisata yang padat penduduk serta kemajuan infrastruktur yang menyebabkan kurangnya daerah resapan serta menimbulkan dampak yang signifikan seperti banjir yang terjadi pada saluran drainase di jalan Kunti II, Kelurahan Seminyak, Kabupaten Badung.

Saluran drainase di Jalan Kunti II daerah Seminyak merupakan saluran drainase tertutup dengan tipe persegi yang menggunakan beton precast. Dikutip dari Tribun-Bali yang diposting pada tanggal 6 Desember 2021, saluran drainase yang terletak di Jalan Kunti II Seminyak ini tidak bekerja dengan maksimal, sehingga pada saat hujan deras akan terjadi banjir dengan ketinggian mencapai 40cm.

Saluran drainase di jalan Kunti II perlu adanya perhatian dan penanganan dari masyarakat dan pemerintah daerah, akibat dari ketidak perhatian masyarakat dan pemerintah, sering terjadi banjir yang mengakibatkan air melimpas ke daerah irigasi serta masuk ke rumah atau pemukiman warga sekitar. Pada musim kemarau masih terjadi genangan pada saluran drainase yang diakibatkan oleh sampah. Sampah yang menyumbat pada saluran drainase tersebut mengakibatkan aliran air pada saluran drainase tidak teratur.

Perhitungan debit banjir rancangan merupakan salah satu unsur di dalam analisis hidrologi sangat mutlak diperlukan. Mengingat di dalam setiap perencanaan bangunan air khususnya di dalam mendesain dimensi saluran harus mengetahui besarnya debit banjir rancangan. Debit banjir rancangan adalah salah satu input yang digunakan sebagai dasar untuk perhitungan dimensi bangunan yang direncanakan atau banjir dengan suatu jangka waktu ulang tertentu yang diartikan sebagai besarnya banjir dalam jangka waktu ulang itu kemungkinan satu kali akan disamai atau dilampaui.

Dari masalah tersebut, maka dilaksanakan penelitian untuk menentukan perhitungan debit banjir rancangan dan dapat menganalisa kapasitas saluran drainase pada kelurahan Seminyak Badung ruas Jalan Kunti II, yang dihitung

berdasarkan intensitas curah hujan, metode rasional, dan mendesain dimensi saluran dengan aplikasi HEC-RAS.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang dapat dirumuskan dari latar belakang adalah sebagai berikut:

1. Berapa curah hujan rancangan drainase di daerah Seminyak ruas jalan Kunti II?
2. Berapa debit banjir rancangan drainase di daerah Seminyak ruas jalan Kunti II?
3. Berapa kapasitas debit saluran eksisiting dan profil muka air saluran drainase di Kunti II dengan program HEC-RAS?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis curah hujan rancangan di daerah Seminyak ruas jalan Kunti II.
2. Untuk menganalisis debit banjir rancangan pada saluran di daerah Seminyak ruas jalan Kunti II.
3. Untuk menganalisis kapasitas debit saluran eksisiting dan profil muka air saluran drainase di Kunti II dengan program HEC-RAS.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diantaranya adalah:

1. Menambah pengetahuan mahasiswa dalam menghitung debit banjir rencana pada suatu saluran drainase.
2. Sebagai informasi dan bahan kajian bagi instansi terkait seperti Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Badung.
3. Sebagai informasi kepada masyarakat untuk menyadari pentingnya menjaga

dan merawat saluran drainase yang ada di lingkungan tempat tinggalnya.

1.5. Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian

Adapun batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan rata-rata selama 20 tahun, yaitu dari tahun 2002 s/d 2021.
2. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah
3. Pengujian konsistensi data hujan hanya menggunakan metode *Double Mass Analisis* dan *RAPS*.
4. Parameter statistik yaitu nilai dari (\bar{X} , Sd, Cs, Ck, Cv) sebagai penentuan metode *Log person type III*, Log Normal, Normal, dan Gumbel untuk menentukan curah hujan rancangan.
5. Uji kesesuaian distribusi frekuensi dengan metode *Smirnov Kolmogorof* dan *Chi Square*.
6. Perhitungan Intensitas Hujan
7. Debit banjir rancangan dihitung dengan metode rasional.
8. Perhitungan kapasitas eksisting saluran drainase dan analisis profil muka air saluran dengan Program HEC-RAS

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Drainase

Menurut Suripin (2004), drainase merupakan serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

Perencanaan sistem drainase perkotaan perlu memperhatikan beberapa aspek sesuai dengan (SNI 02-2406-1991), yaitu:

1. Sistem drainase terdiri atas saluran primer, sekunder, dan primer.
2. Berdasarkan sistem penyalurannya, drainase perkotaan direncanakan terpisah dengan saluran pembuangan air limbah; dan
3. Saluran drainase dapat direncanakan terbuka dan tertutup dengan mempertimbangkan faktor ketersediaan tanah, pembiayaan, operasi dan pemeliharaan.

2.2. Drainase Perkotaan

Menurut Hasmar (2002), drainase perkotaan yaitu ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial-budaya yang ada di kawasan kota.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2014 yang mengatur tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan dalam pasal 5 sebagai berikut:

1. Sistem Drainase Perkotaan terdiri atas:
 - a. sistem teknis.
 - b. sistem non teknis.
2. Sistem teknis drainase perkotaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a merupakan jaringan drainase perkotaan yang terdiri dari saluran induk/primer, saluran sekunder, saluran tersier, saluran lokal, bangunan peresapan, bangunan tampungan beserta sarana pelengkap yang berhubungan secara sistemik satu dengan lainnya.
3. Sistem non teknis drainase perkotaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b merupakan dukungan terhadap sistem teknis drainase perkotaan terkait dengan pembiayaan, peran masyarakat, peraturan perundang-undangan, institusi, sosial ekonomi dan budaya, dan kesehatan lingkungan permukiman.
4. Saluran induk/primer dan/atau saluran sekunder sebagaimana dimaksud pada ayat (2), dapat berupa sungai, dan/atau anak sungai yang berfungsi sebagai drainase perkotaan, dan/atau kanal buatan yang seluruh daerah tangkapan airnya terletak dalam satu wilayah perkotaan.

2.3. Sistem Drainase

Secara umum sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan/lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Bangunan sistem drainase secara berurutan mulai dari hulu terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran

pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*), dan badan air penerima (*receivingwaters*). Di sepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainnya, seperti goronggorong, jembatan-jembatan, talang dan saluran miring/got miring (Suripin, 2004). Sesuai dengan cara kerjanya, jenis saluran drainase buatan dapat dibedakan menjadi:

1. Saluran *Interceptor* (Saluran Penerima) Berfungsi sebagai pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain di bawahnya. Saluran ini biasanya dibangun dan diletakkan pada bagian yang relatif sejajar dengan garis kontur. *Outlet* dari saluran ini biasanya terdapat di saluran *collector* atau *conveyor* atau langsung di natural drainase / sungai alam.
2. Saluran *Collector* (Saluran Pengumpul) Berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya akan dibuang ke saluran conveyor (pembawa).
3. Saluran *Conveyor* (Saluran Pembawa) Berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa harus membahayakan daerah yang dilalui.

2.4. Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya, pergerakan dan distribusi air di bumi, baik di atas maupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat fisik, kimia air serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan (*Linsley, 1996*).

Pada perkembangannya, hidrologi banyak dipelajari khususnya dibidang teknik sipil, salah satunya digunakan dalam memperkirakan jumlah air yang

tersedia di suatu sumber air, baik itu mata air, sungai, maupun danau guna dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan seperti air baku (air untuk keperluan rumah tangga, perdagangan), irigasi, pembangkit listrik, tenaga air, perikanan, peternakan dan lain sebagainya (Triatmodjo, 2008).

2.5. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan salah satu bagian dari keseluruhan rangkaian dalam perencanaan bangunan air seperti sistem drainase, gorong-gorong, tanggul penahan banjir dan sebagainya. Di dalam hidrologi, salah satu aspek analisis yang diharapkan dihasilkan untuk menunjang perancangan bangunan-bangunan air adalah penetapan variabel-variabel rancangan, baik hujan, banjir, maupun unsur hidrologi lainnya (Fakhli, 2014).

Analisis hidrologi diawali dengan menganalisis hujan dan debit rencana yang digunakan sebagai Q desain bangunan air. Dari data curah hujan harian maksimum tahunan dan data karakteristik DAS (Daerah Aliran Sungai) dianalisis menjadi hujan rancangan dan unit hidrograf Nakayasu menjadi debit rancangan. Aspek hidrologi yang perlu dikaji yaitu:

2.5.1. Data Curah Hujan

Curah Hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir. Unsur hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air hujan setinggi satu milimeter atau tertampung air hujan sebanyak satu liter (BMKG Wilayah III Denpasar, 2017).

Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah hujan

yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata – rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 2003).

2.5.2. Uji Konsistensi Data Hujan

Uji Konsistensi Data Hujan merupakan suatu seri yang bisa terjadi *Nonhomogenites* data dan ketidaksamaan (*Incosistency*) data. Faktor yang menyebabkan data menjadi tidak homogen dan tidak konsisten meliputi:

1. Perubahan mendadak pada sistem hidrologis, misalnya karena adanya pembangunan gedung atau tumbuhnya pohon, gempa bumi dan sebagainya.
2. Pemindahan alat ukur.
3. Perubahan cara pengukuran, misalnya penggantian alat dengan jenis dan spesifikasi alat baru atau metode yang berbeda.

Data tidak homogen maupun data tidak konsisten menyebabkan hasil analisis tidak teliti. Oleh karena itu sebelum data tersebut dipakai untuk analisis, terlebih dahulu harus dilakukan uji konsistensi data. Uji konsistensi data sudah meliputi uji homogenitas data karena data yang konsisten juga berarti data tersebut adalah homogen (Sri Harto, 1993). Metode yang digunakan untuk pengujian data yaitu dengan Metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) dan Metode *Double Mass Analysis*.

1. Metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*)

Metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) adalah pengujian

konsistensi dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar kumulatif rerata penyimpangan terhadap nilai reratanya (Sri Harto, 1993). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$S_0^* = 0$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}) \text{ dengan } k = 1, 2, \dots, n \dots\dots\dots (2.1)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{Dy} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$Dy^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})}{n} = \frac{\sum_{i=1}^k (S_k^*)^2}{n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan:

x_i = Data hujan ke- i ,

\bar{x} = Data hujan rerata- i ,

Dy^2 = simpangan rata-rata

n = Jumlah data Nilai statistic Q

Nilai Statistik Q dan R:

$Q = \max |S_k^{**}|$ dengan $0 \leq k \leq n$

$R = \max S_k^{**} - \min S_k^{**}$ dengan $0 \leq k \leq n$

Syarat konsistensi dari metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*)

adalah sebagai berikut:

Q/\sqrt{n} hitung $< Q/\sqrt{n}$ tabel

R/\sqrt{n} hitung $< R/\sqrt{n}$ tabel

Nilai kritik Q dan R ditunjukkan dalam tabel 2.1

Tabel 2.1. Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}

n	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,1	1,22	1,42	1,34	1,43	1,6
30	1,12	1,24	1,46	1,4	1,5	1,7
40	1,13	1,26	1,5	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,5	1,62	1,86
	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2

(Sumber : *Sri Harto*, 1993).

2. Metode *Double Mass Analysis*

Metode *Double Mass Analysis* secara umum menggambarkan besaran hujan secara kumulatif stasiun yang diuji dengan besaran kumulatif rata – rata stasiun referensi di sekitarnya. Ketidakkonsistenan data ditunjukkan oleh penyimpangan garis terhadap garis lurusinya. Persamaan yang dipakai adalah:

$$X_t = \sum_{n=1}^{i=1} R.A_t$$

$$Y_t = \sum_{n=1}^{i=1} R_i$$

Dengan:

X_t = Kumulatif hujan stasiun A pada tahun t

Y_t = Kumulatif hujan stasiun referensi pada tahun ke t

R_i = Rata – rata curah hujan tahunan stasiun referensi pada tahun ke t

$R.A_t$ = Curah hujan tahunan di stasiun A

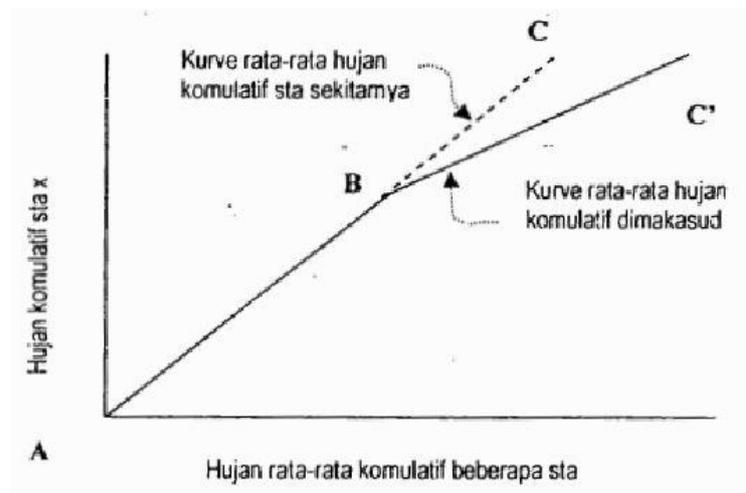
DMC_t = Titik koordinat kurve di lengkung massa ganda tahun ke t

Jika stasiun tidak konsisten, akan dilakukan koreksi dengan mengalikan data setelah kurva berubah dengan perbandingan sebelum dan setelah kurva patah (Triatmodjo, 2008). Data curah hujan yang tidak konsisten harus diluruskan menggunakan rumus faktor koreksi dengan persamaan (2.4) sebagai berikut:

$$H_z = \frac{S_1}{S_2} \times H_o \dots\dots\dots (2.4)$$

H_z = Tinggi hujan setelah dikoreksi

H_o = Tinggi hujan sebelum dikoreksi



Gambar 2.1. Metode *Double Mass Analysis*

(Sumber : Gencivil, 2020)

Keselarasan model regresi dapat diterangkan dengan menggunakan nilai R^2 .

Semakin besar nilai tersebut maka model semakin baik, sehingga:

1. Jika nilai mendekati 1 maka model regresi semakin baik.
2. Nilai R^2 mempunyai karakteristik antara lain selalu positif, nilai R^2 maksimum sebesar 1.
3. Jika R^2 sebesar 1 mempunyai arti kesesuaian yang sempurna, maksudnya

seluruh variasi dalam variabel Y dapat diterangkan oleh model regresi.

4. Sebaliknya jika R^2 sama dengan 0 maka tidak ada hubungan linier antara X dan Y.

2.5.3. Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Ada 3 (Tiga) macam cara dalam menentukan tinggi curah hujan rerata pada wilayah tertentu dari angka curah hujan di beberapa titik pos penakar atau pencatat yaitu sebagai berikut:

1. Metode Rerata Aljabar

Tinggi rata – rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata – rata hitung pengukuran hujan di stasiun curah hujan didalam *catchment* area tersebut:

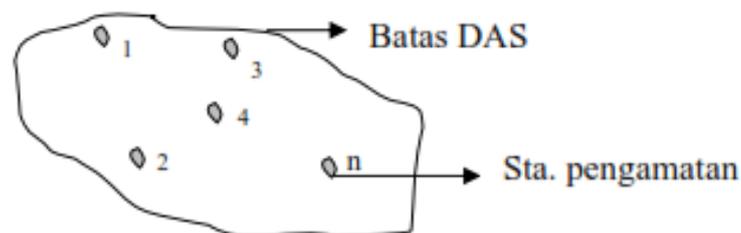
$$R = \frac{1}{n} \times (R_A + R_B + R_C + \dots + R_n) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan:

R = Tinggi curah hujan rata-rata

R_A, R_B, \dots, R_n = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,.....,n

n = Banyaknya pos penakar



Gambar 2.2. Sketsa Stasiun Curah Hujan Cara Rata-rata Aljabar

(Sumber: *Sri Harto*, 1993)

2. Metode *Polygon Thiessen*

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang

mewakili luasan di sekitar. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili stasiun tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. (Triatmodjo, 2013).

Adapun rumus metode *Polygon Thiessen*, sebagai berikut:

$$R = \frac{R_A \cdot A_A + R_B \cdot A_B + R_C \cdot A_C + \dots + R_n \cdot A_n}{A_A + A_B + A_C + \dots + A_n} \quad (2.6)$$

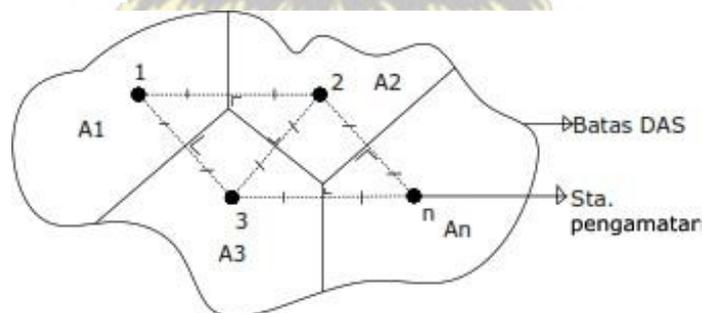
Dengan:

A = luas areal

R = tinggi curah hujan rata-rata areal

R_A, R_B, \dots, R_n = tinggi curah hujan di pos 1, 2,, n

A_A, A_B, \dots, A_n = luas daerah pengaruh pos 1, 2,, n



Gambar 2.3. Pembagian Daerah dengan Cara *Poligon Thiessen*

(Sumber: *Sri Harto*, 1993)

3. Cara *Isohyet*

Dengan cara ini, kita harus menggambar dulu kontur tinggi hujan yang sama (*isohyet*) (*Sri Harto*, 1993).

$$R = \frac{A_A \left(\frac{R_A + R_B}{2} \right) + A_B \left(\frac{R_B + R_C}{2} \right) + A_{n-1} \left(\frac{R_{n-1} + R_n}{2} \right)}{A_A + A_B + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.7)$$

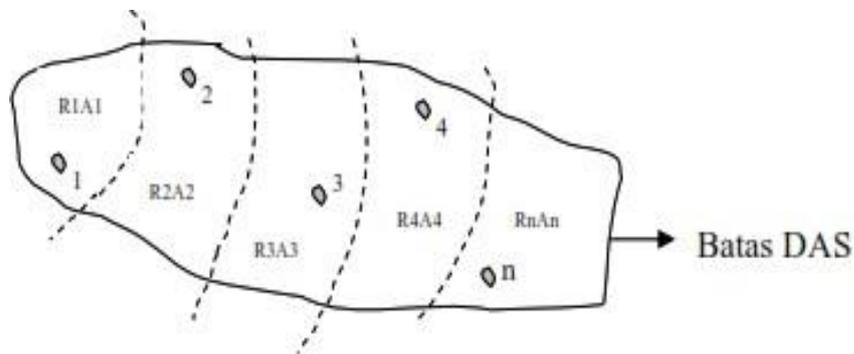
Dengan:

A = luas areal

R = tinggi curah hujan rata-rata area

R_A, R_B, ..., R_n = tinggi curah hujan di pos 1,2,.....,n

A_A, A_B, ..., A_n = luas daerah pengaruh pos 1,2,.....,n



Gambar 2.4. Pembagian Daerah Cara Garis Isohyet

(Sumber: Sri Harto, 1993).

2.5.4. Uji Pemilihan Distribusi

Uji pemilihan distribusi dilakukan berdasarkan syarat pengujian tagihan data untuk menggunakan analisis frekuensi. Pemilihan metode perhitungan hujan rencana ditetapkan berdasarkan parameter dasar statistiknya. Perhitungan parameter dasar statistik (Sri Harto, 1993):

1. Nilai Rata – rata

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan:

\bar{X} = Nilai rata-rata

X_i = Nilai Varian ke i

n = Jumlah data

2. Standard Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan:

Sd = Standar Deviasi

\bar{X} = Tinggi hujan rata – rata selama n tahun (mm)

X_i = Tinggi hujan (mm)

n = Jumlah tahun pencatatan data hujan

3. Koefisien Skewness (Cs)

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan:

C_s = koefisien *skewness*

X_i = nilai varian ke i

\bar{X} = nilai rata – rata varian

n = jumlah data

Sd = standar deviasi

4. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan:

C_k = koefisien kurtosis

X_i = nilai varian ke i

\bar{X} = nilai rata – rata varian

n = jumlah data

Sd = standar deviasi

5. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan:

Cv = koefisien variasi

Sd = standar deviasi

\bar{X} = nilai rata – rata varian

Syarat pengujian yang dipakai pada pengujian pemilihan distribusi adalah sebagai berikut (Sri Harto, 1993).

Tabel 2.2. Pengujian Pemilihan Distribusi

No	Sebaran	Syarat
1	Distribusi Normal	$Cs = 0$
2	Distribusi Log Normal	$Cv = \frac{Ck}{3}$
3	Distribusi Log-Pearson Type III	$Ck = 1,50 Cs^2 + 3$
4	Distribusi Gumbel	$Cs = 1,1395$
		$Ck = 5,4002$
5	Bila tidak ada yang memenuhi syarat digunakan sebaran Log-Person type III	

(Sumber: *Sri Harto*. 1993)

2.6. Analisis Curah Hujan Rencana

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar tahunan dengan suatu

kemungkinan terjadi yang tertentu atau hujan dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Metode analisis hujan rancangan tersebut pemilihannya sangat tergantung dari kesesuaian parameter statistik dari data yang bersangkutan atau dipilih berdasarkan pertimbangan teknis lainnya. Untuk menganalisis probabilitas hujan (Curah Hujan Rencana) dan probabilitas banjir (Debit Banjir Rencana) biasanya dipakai beberapa macam distribusi (Soemarto, 1999), yaitu :

1. Distribusi Log Normal

Log Normal Distribusi Log Normal, merupakan hasil transformasi dari distribusi Normal, yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X. Rumus yang digunakan dalam perhitungan metode ini adalah sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

X_T = besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun (mm/hari)

$$Sd = \text{Standar deviasi} = Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

\bar{X} = curah hujan rata-rata (mm/hari)

K_T = Standar Variabel untuk periode ulang tahun (tabel 2.3) (C.D Soemarto,1999)

Tabel 2.3. Nilai Koefisien Untuk Distribusi Log Normal

Periode Ulang (tahun)					
2	5	10	25	50	100
0	0,84	1,28	1,71	2,05	2,33

Sumber: C.D Soemarto,1999

2. Distribusi Normal

Persamaannya dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$X_T = \bar{X} + K_T Sd \dots \dots \dots (2.14)$$

Dengan:

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode T - tahunan

\bar{X} = nilai rata – rata hitung variant

Sd = standard deviasi nilai varian

K_T = faktor frekuensi

3. Distribusi *Log-Pearson Type III*

Distribusi *Log-Pearson Type III* merupakan perkembangan fungsi probabilitas yang dilakukan oleh Pearson. Dengan menggunakan persamaan di bawah ini maka dapat dihitung besarnya curah hujan rencana sesuai dengan kala ulangnya. Metode yang dianjurkan dalam pemakaian distribusi *Log-Pearson Type III* adalah dengan mengkonversikan dengan rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmik.

Nilai rerata :

$$\overline{\log X} = \sum_{i=1}^n \frac{\log X_i}{n} \dots \dots \dots (2.15)$$

Atau dengan cara :

$$\sigma \log x = \frac{\sum (\overline{\log x})^2 - (\sum \log X_i)^2}{n - 1}$$

$$C_s = \frac{n^2 \sum (\overline{\log x})^3 - 3n \sum (\overline{\log x})^2 + 2 \sum (\overline{\log x})^3}{n(n-1)(n-2)(\sigma \log x)^3} \dots \dots \dots (2.16)$$

Standard Deviasi (Sd):

$$Sd \overline{\log x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log (X_i) - \log (\bar{X}))^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.17)$$

Koefisien *Skewnes* (C_s):

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3} \dots\dots\dots (2.18)$$

Nilai X bagi setiap tingkat probabilitas dihitung dari persamaan :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K \cdot S_d$$

4. Distribusi Gumbel

Metode E.J. Gumbel dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K \cdot S_d \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan :

X_T = Variate yang diekplorasikan, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun

\bar{X} = Harga rerata dari data

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

S_d = Standard deviasi

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

K = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang (re periode) dan tipe distribusi frekuensi.

Untuk menghitung faktor frekuensi E.J. Gumbel digunakan rumus :

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan :

Y_T = *Redeuced variate* sebagai fungsi periode ulang

$$Y_T (\text{th}) = -\text{Ln} (-\text{Ln} (T - 1) / T)$$

Y_n = *Redeuced mean* sebagai fungsi dari banyaknya data n

S_n = *Redeuced standard deviasi* sebagai fungsi dari banyaknya data n

Dengan mensubstitusikan ketiga persamaan di atas diperoleh :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S_d}{S_n} (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots (2.21)$$

Jika :

$$\frac{1}{a} = \frac{S_d}{S_n}$$

$$b = -(S_d/S_n) \cdot Y_n$$

Persamaan di atas menjadi:

$$X_T = b + 1/a \cdot Y_T \dots\dots\dots (2.22)$$

Tabel 2.4. Nilai Redeuced Mean (Y_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,552
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,532	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,538	0,5388	0,8396	0,5403	0,541	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	0,553	0,5533	0,5535	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,555	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,558	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	0,56	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,561	0,5611

(Sumber: *Suripin*, 2004)

Tabel 2.5. Nilai Redeuced Standard (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	1,108
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	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
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	1,177	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,209	1,2093	1,2096

(Sumber : *Suripin*, 2004)

Tabel 2.6. Nilai *Redeuced Variate* (Y_T)

Periode Ulang	Reduce variate, Y_{Tr}	Periode ulang, Tr (Tahun)	Reduce variate, Y_{Tr}
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,251	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)

2.6.1. Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Terdapat dua metode pemeriksaan kesesuaian yang lazim dipakai yaitu metode Chi-Square Test (X^2 test) dan metode Smirnov-Kolmogorof. Hasil perhitungan dari kedua metode tersebut akan menentukan apakah distribusi yang digunakan dalam analisis sesuai, menurut ketentuan yang harus dipenuhi (Sri Harto, 1983).

1. Metode *Chi Kuadrat*

Metode ini hanya cocok digunakan untuk memeriksa data pengamatan yang banyak. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$X^2 = \sum \frac{(Ef - Of)^2}{Ef} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dengan:

X^2 = Harga *Chi Kuadrat*

E_f = Frekuensi (banyaknya pengamatan yang diharapkan, sesuai pembagian kelasnya)

O_f = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

Nilai X^2 yang terdapat ini harus lebih kecil dari nilai X^2 Cr (Chi-kuadrat kritik) yang didapat dari tabel, untuk suatu derajat nyata tertentu (level of signification), yang sering diambil sebesar 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dapat dihitung dengan :

$$DK = k - (P + 1)$$

Dengan:

DK = Derajat kebebasan (*number of degree of freedom*)

K = Banyaknya kelas (grup)

P = Banyaknya keterikatan (constrain) atau sama dengan parameter, yang untuk distribusi *Chi Kuadrat* = 2

Urutan pemeriksaan kesesuaian distribusi adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data pengamatan dari kecil ke besar atau sebaliknya.
2. Kelompokkan data pengamatan menjadi beberapa "k" kelas interval.
3. Catat frekuensi data pengamatan pada setiap interval (O_f)
4. Hitung frekuensi kejadian yang diharapkan, sesuai pembagian kelasnya (E_f).
5. Hitung nilai X^2
6. Tetapkan nilai derajat kebebasan (DK)
7. Tetapkan tingkat kepercayaan
8. Cari X^2 kritis pada tabel harga kritis Chi-Square
9. Bandingkan X^2 hitungan dengan X^2 kritis, bila X^2 hitungan < X^2 kritis, berarti metode distribusi yang diperiksa dapat diterima.

2. Metode *Smirnov Kolmogorof*

Uji *Smirnov Kolmogorof* digunakan untuk pengujian kecocokan distribusi dapat dilakukan lebih sederhana dengan membandingkan probabilitas untuk semua varian, dari distribusi empiris dan teoritisnya akan terdapat perbedaan (α) tertentu (Sri Harto, 1983). Berdasarkan persamaan *Smirnov* dan *Kolmogorof* :

$$\alpha = P\{ \max |P(X) - P(X_i)| \} \Delta_{cr}$$

Apabila nilai Δ max yang terbaca pada kertas kemungkinan (Δ_{cr} yang didapat dari tabel Δ kritis untuk Tes *Smirnov Kolmogorof*). Untuk derajat nyata (*level of significance*) dan banyaknya varian yang tertentu, maka dapat disimpulkan bahwa penyimpangan yang terjadi hanya karena kesalahan – kesalahan yang terjadi secara kebetulan (*bye chance*). Urutan test ini adalah sebagai berikut :

1. Susun data curah hujan harian rerata tiap tahun dari kecil ke besar atau sebaliknya.
2. Hitung probabilitas untuk masing – masing data hujan dengan persamaan *Weibull* sebagai berikut :

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.24)$$

Dengan:

P = Probabilitas (%).

m = Nomor urut data dari seri data yang telah disusun.

n = Banyak data.

3. Gambarkan (*plot*) distribusi empiris maupun distribusi teoritis pada probabilitas yang sesuai.
4. Kemudian cari harga mutlak perbedaan maksimum antara distribusi (P empiris)

dengan distribusi teoritis (P teoritis).

5. Δ Maks = maksimum | P teoritis – P empiris |.
6. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov Kolmogorof test*) tentukan nilai Δ kritis.
7. Apabila Δ Maks \leq Δ kritis, maka distribusi teoritisnya dapat diterima dan bila terjadi sebaliknya maka distribusi teoritisnya tidak dapat diterima.

Tabel 2.7. Nilai Delta Kritis (Δ_{cr}) untuk Uji *Smirnov – Kolmogorof*

α n	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,67
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	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$

(Sumber : *Shahin*, 1976).

2.6.2. Intensitas 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 periodenya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF) (*Suryono Sosrodarsono*, 1986) digunakan rumus pendekatan Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right) \dots \dots \dots (2.25)$$

Dengan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

R_{24} = hujan harian rencana (mm)

T = lamanya hujan

Untuk mendapatkan persamaan lengkung IDF dipakai cara kuadrat terkecil (*least square*) dari tiga jenis metode yang umum dipakai yaitu : Metode *Talbot*, Metode *Sherman* dan Metode *Ishiguro* :

1. Metode Talbot (1881)

$$I = \frac{a}{t+b} \dots\dots\dots (2.26)$$

Dengan :

$$a = \frac{[It][I^2] - [I^2t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[I][It] - N[I^2t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

2. Metode Sherman (1905)

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots (2.27)$$

Dengan :

$$\text{Log } a = \frac{[\text{log } I][(\text{log } t)^2] - [\text{log } t \text{ log } I][\text{log } t]}{N[\text{log } t^2] - [\text{log } t][\text{log } t]}$$

3. Metode Ishiguro (1953)

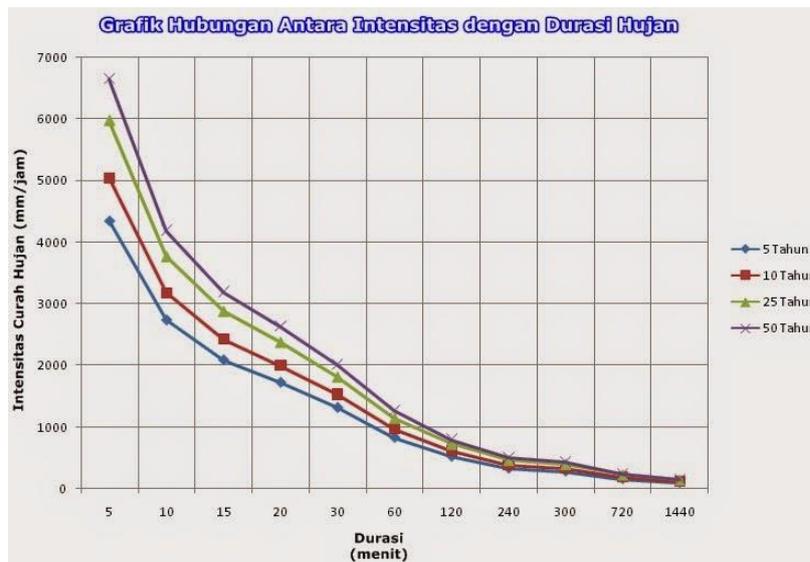
$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dengan :

$$a = \frac{[I\sqrt{t}][I^2] - [I^2\sqrt{t}][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[I][I\sqrt{t}] - N[I^2\sqrt{t}]}{N[I^2] - [I][I]}$$

Besarnya deviasi rata – rata dari ketiga jenis rumus harus dihitung untuk mengetahui metode (jenis rumus) yang memberikan hasil yang optimum sebagai rumus persamaan kurva lengkung IDF.



Gambar 2.5. Grafik Hubungan Antara Intensitas Hujan Dengan Durasi Hujan

(Sumber: *lorens*, 2014)

2.7. Analisis Debit Banjir Rancangan

Menurut Departemen PU (1986), angka periode ulang yang digunakan untuk bangunan air atau sungai adalah :

- | | | |
|--------------------------------|--------|----|
| 1. Tubuh bendungan | : 1000 | th |
| 2. Pelimpah bendungan | : 100 | th |
| 3. Cover DAM pada bendungan | : 20 | th |
| 4. Bendung sungai besar sekali | : 100 | th |
| 5. Bendung sungai sedang | : 50 | th |

6. Bendung sungai kecil	: 25	th
7. Tanggul sungai besar/ daerah penting	: 25	th
8. Tanggul sungai kecil/ daerah tidak penting	: 10	th
9. Jembatan jalan penting	: 25	th
10. Jembatan jalan tidak penting	:10	th
11. Drainase perkotaan	: 5	th

Banjir rancangan adalah debit maksimum di sungai atau saluran dengan periode ulang yang sudah ditentukan. Apabila banjir rancangan dijadikan dasar dalam perencanaan, maka banjir yang terjadi dapat dialirkan tanpa membahayakan stabilitas bangunan. Berdasarkan analisis curah hujan rancangan dari data curah hujan harian maksimum dapat dihitung besarnya debit banjir rancangan dengan kala ulang 5, 10, 25, 50. Analisis debit banjir rancangan dibedakan antara banjir di sungai dan banjir pada saluran drainase.

Berdasarkan alternatif jaringan drainase terpilih dilakukan perhitungan debit banjir rencana. Untuk saluran sekunder digunakan intensitas hujan dengan periode ulang 5 tahun, sedangkan untuk saluran tersier menggunakan periode ulang 2 tahun. Perhitungan kapasitas saluran tersebut dilakukan dengan memperhatikan koefisien kekasaran manning, bentuk penampang saluran, prinsip – prinsip saluran terbuka yang didasarkan pada skema sistem jaringan. Parameter yang menentukan dalam perhitungan debit adalah sebagai berikut:

1. Daerah Pengaliran

Daerah pengaliran merupakan daerah cakupan hujan yang terjadi di dalam daerah pengaliran. Penentuan daerah pengaliran sangat tergantung dari

kontur permukaan.

2. Intensitas Hujan

Intensitas hujan yaitu ketinggian curah hujan yang terjadi persatuan waktu, dimana air tersebut terkonsentrasi.

3. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah suatu variable yang didasarkan pada kondisib daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut.

2.7.1. Analisis Koefisien *Run-off*

Run-Off adalah keluarnya air dari dalam tanah maupun air permukaan seperti sungai dan danau, menuju kembali ke laut sebagai tempat akhir aliran air. Koefisien pengaliran dari suatu bidang tanah/suatu daerah tergantung dari tata guna tanah, kepadatan penduduk, struktur geologi tanah. Besarnya koefisien pengaliran rata – rata suatu daerah dapat dihitung (Suripin, 2004) sebagai berikut:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_i A_i}{A_1 + A_2 + \dots + A_i} \dots \dots \dots (2.29)$$

Keterangan:

C = koefisien pengaliran

A = luas wilayah pengaliran

Sedangkan penentuan koefisien *Run-Off* campuran untuk kawasan dapat dengan menggunakan persamaan:

$$C_n = C_0 + N(1 - C_0)$$

Dengan:

C_n = Koef. *Run-Off* saat ini

C₀ = Koef. *Run-Off* awal; untuk daerah studi diambil = 0,05

N = presentase lahan yang tidak tertutup bangunan

2.7.2. Limpasan

Limpasan adalah apabila intensitas yang jatuh di suatu DAS melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan pada permukaan tanah. Atau limpasan permukaan terjadi ketika laju hujan lebih besar daripada laju infiltrasi dan persamaan limpasan selalu dikembangkan berdasarkan pada kondisi tersebut (Asdak, 2010).

Setelah cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah. Faktor yang menyebabkan limpasan dan genangan air hujan dipengaruhi lima hal yaitu intensitas curah hujan, jenis tutupan lahan, kemiringan lereng, jenis tanah dan kerapatan aliran.

Beberapa variabel yang ditinjau dalam analisis banjir adalah volume banjir, debit puncak, tinggi genangan, lama genangan dan kecepatan aliran. Komponen limpasan terdiri dari:

a. Aliran Permukaan

Aliran Permukaan (*surface flow*) adalah bagian dari air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan tanah. Aliran permukaan disebut juga aliran langsung (*direct runoff*). Aliran permukaan dapat terkonsentrasi menuju sungai dalam waktu singkat, sehingga aliran permukaan merupakan penyebab utama terjadinya banjir.

b. Aliran Antara

Aliran antara (*interflow*) adalah aliran dalam arah lateral yang terjadi di bawah permukaan tanah. Aliran antara terdiri dari gerakan air dan lensa tanah secara lateral menuju elevasi yang lebih rendah.

c. Aliran Air Tanah

Aliran air tanah adalah aliran yang terjadi di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju sungai atau langsung ke laut.

2.7.3. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah suatu variabel didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut (Soemarto, 1987).

Kondisi dan karakteristik yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Keadaan hujan
2. Luas dan bentuk daerah
3. Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
4. Daya infiltrasi dan perlokasi tanah
5. Kebasahan tanah
6. Suhu udara dan angin serta evaporasi dan
7. Tata guna tanah

Koefisien pengaliran yang disajikan pada tabel sebagai berikut, didasarkan dengan suatu pertimbangan bahwa koefisien tersebut sangat tergantung pada faktor fisik.

Tabel 2.8. Angka Koefisien Pengaliran

No	Kondisi permukaan tanah	Koefisien pengaliran (C)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 - 0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 - 0,70
3	Bahu jalan	
	1. Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
	2. Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
	3. Batuan masif keras	0,70 - 0,35
	4. Batuan masif lunak	0,60 - 0,75
4	Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
5	Daerah pinggiran kota	0,60 - 0,70
6	Daerah industri	0,60 - 0,90
7	Pemukiman padat	0,60 - 0,80
8	Pemukiman tidak padat	0,40 - 0,60
9	Taman dan kebun	0,20 - 0,40
10	Persawahan	0,45 - 0,60
11	Perbukitan	0,70 - 0,80
12	Pegunungan	0,75 - 0,95

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga 1990).

Kemudian Dr. Kawakami menyusun sebuah rumus yang mengemukakan bahwa untuk sungai tertentu koefisien itu tidak tetap, tetapi berbeda – beda tergantung curah hujan.

$$f = 1 - R'/Rt = 1 - f^l \dots\dots\dots (2.30)$$

Dengan:

f = koefisien pengaliran

f^l = laju kehilangan = t / R

Rt = jumlah curah hujan (mm)

R' = kehilangan curah hujan

t,s = tetapan

2.7.4. Metode Rasional

Metode rasional digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan pada daerah tangkapan aliran (DTA) kecil. Metode ini sangat simpel dan mudah penggunaannya, namun terbatas untuk DTA dengan

ukuran kecil, yaitu kurang dari 300 ha (Suripin, 2004).

Metode ini digunakan untuk daerah aliran sungai kecil (sekitar 1000 sampai 5000 hektar) dan diasumsikan bahwa curah hujan turun dengan intensitas konstan dan seragam di semua cekungan (A. Majidi, 2012).

Rumus ini banyak digunakan untuk sungai biasa dengan daerah pengaliran yang luas dan juga untuk perencanaan drainase daerah pengaliran yang relatif sempit. Bentuk umum rumus rasional ini adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,002778 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.31)$$

Dengan:

Q = Debit puncak ($m^3/detik$)

F = Koefisien satuan luas, jika luas lahan dalam Ha maka $F = 0,00278$, jika luas lahan are maka $F = 1$

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah (hektar)



2.8. Analisis Hidrolika

Hidrolika adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat-sifat zat cair. Analisis hidrolika dimaksudkan untuk mencari dimensi hidrolis dari saluran drainase dan bangunan-bangunan pelengkapannya. Dalam menentukan besaran dimensi saluran drainase, perlu diperhitungkan kriteria-kriteria perencanaan berdasarkan kaidah-kaidah hidrolika.

2.8.1. Dimensi Saluran

Dimensi saluran adalah suatu tempat lain melalui bangunan pembawa

alamiah maupun buatan manusia. Bangunan pembawa ini dapat terbuka maupun tertutup bagian atasnya. Saluran yang tertutup bagian atasnya disebut saluran tertutup (*closed conduits*), sedangkan yang terbuka bagian atasnya disebut saluran terbuka (*open channels*). Pada sistem pengaliran melalui saluran terbuka terdapat permukaan air yang bebas (*free surface*) di mana permukaan bebas ini dipengaruhi oleh tekanan udara luar secara langsung, saluran terbuka umumnya digunakan pada lahan yang masih memungkinkan (luas), lalu lintas pejalan kakinya relatif jarang, beban kiri dan kanan saluran relatif ringan. Pada sistem pengaliran melalui saluran tertutup (pipa *flow*) seluruh pipa diisi dengan air sehingga tidak terdapat permukaan yang bebas, oleh karena itu permukaan tidak secara langsung dipengaruhi oleh tekanan udara luar, saluran tertutup umumnya digunakan pada daerah yang lahannya terbatas (pasar, pertokoan), daerah yang lalu lintas pejalan kakinya relatif padat, lahan yang dipakai untuk lapangan parkir (Suripin, 2004).

Berdasarkan konsistensi bentuk penampang dan kemiringan dasarnya saluran terbuka dapat diklasifikasikan menjadi: - Saluran prismatic (*prismatic channel*), yaitu saluran yang bentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya tetap. Contoh: saluran drainase, saluran irigasi. - Saluran non prismatic (*non prismatic channel*), yaitu saluran yang bentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya berubah. Aliran pada saluran terbuka terdiri dari saluran alam (*natural channel*), seperti: sungai kecil di daerah hulu (pegunungan) hingga sungai besar dimuara, dan saluran buatan (*artificial channel*), seperti saluran drainase tepi jalan, saluran irigasi untuk mengairi persawahan, saluran pembuangan, saluran untuk membawa air ke pembangkit listrik tenaga air, saluran untuk *supply* air

minum, dan saluran banjir. Saluran buatan dapat berbentuk segitiga, trapesium.

2.8.2. Penampang Saluran

Penampang hidrolis terbaik adalah penampang yang mempunyai keliling basah terkecil pada luas penampang tertentu yang akan memberikan aliran yang maksimum atau penampang saluran yang memberikan luas penampang aliran (penampang basah) terkecil pada debit aliran tertentu dimana bentuk penampang saluran akan dapat berpengaruh terhadap besarnya debit aliran yang dapat diangkut atau dialirkan oleh saluran (Suripin, 2004).

Disamping untuk meningkatkan kapasitas saluran, bentuk penampang saluran juga dapat disesuaikan dengan fungsi saluran tersebut dibuat. Adapun bentuk saluran yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sebagai berikut:

1. Bentuk penampang persegi panjang apabila dilihat pada bagian dinding saluran dapat digunakan sebagai dinding penahan serta ruang untuk saluran sangat terbatas.
2. Bentuk penampang lingkaran atau parabola, walaupun pembuatannya relatif agak sulit tetapi apabila dilihat dari fungsi saluran cukup efektif untuk mengalirkan bahan endapan, serta adanya fluktuasi debit aliran atau untuk mengalirkan air limbah.
3. Bentuk penampang tersusun dibuat apabila lahan terbatas untuk saluran atau fungsi saluran mengalirkan air limbah dan air hujan (tercampur). Penampang tersusun dapat dibuat kombinasi antara empat persegi panjang dengan setengah lingkaran atau persegi panjang dengan segitiga dibagian bawah dan sebagainya.
4. Pemilihan bentuk penampang saluran dalam praktek harus dilakukan sedemikian

rupa sehingga sedapat mungkin dipenuhi aspek ekonomis penampang saluran dalam arti kata dengan luas penampang tertentu mampu mengalirkan debit air sebanyak-banyaknya (maksimum), selain juga melihat fungsi saluran, misalnya apabila saluran untuk mengalirkan endapan (Chow,1959).

2.8.3. Kekasaran Dinding Saluran (n)

Seorang insinyur Irlandia bernama *Robert Manning* (1889) mengemukakan sebuah rumus kecepatan yaitu sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots (2.32)$$

Dengan:

R = Jari – jari hidrolis (m)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

I = Kemiringan memanjang dasar saluran

n = Koefisien kekasaran menurut Manning yang besarnya tergantung dari bahan dinding yang dipakai.

Apabila bentuk rumus Manning diubah menjadi rumus *Chezy* maka besarnya C adalah sebagai berikut:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \dots\dots\dots (2.33)$$

Dengan:

C = Koefisien Chezy

R = Jari – jari hidrolis (m)

n = Koefisien kekasaran menurut Manning

Menurut Chow (1989), faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran *Manning*

antara lain:

Kekasaran permukaan, yang ditandai dengan ukuran dan bentuk butiran bahan yang membentuk luas basah dan menimbulkan efek hambatan terhadap aliran. Secara umum dikatakan bahwa butiran halus menyebabkan nilai n yang relatif rendah dan butiran kasar memiliki nilai n yang tinggi. Tumbuhan yang juga memperkecil kapasitas saluran dan menghambat aliran.

Ketidakteraturan saluran, yang mencakup pula ketidakteraturan keliling basah dan variasi penampang, ukuran dan bentuk di sepanjang saluran. Secara umum perubahan lambat laun dan teratur dari penampang ukuran dan bentuk tidak terlalu mempengaruhi nilai n , tetapi perubahan atau peralihan dari penampang kecil ke besar memerlukan penggunaan nilai n yang besar.

Trase Saluran, dimana kelengkungan yang landai dengan garis tengah yang besar akan mengakibatkan nilai n yang relatif rendah, sedangkan kelengkungan yang tajam dengan belokan yang patah akan memperbesar nilai n . Pengendapan dan pengerusan. Secara umum pengendapan dapat mengubah saluran yang sangat tidak beraturan menjadi cukup beraturan dan memperkecil n , sedangkan pengerusan dapat berakibat sebaliknya dan memperbesar n . Namun efek utama dari pengendapan akan tergantung dari sifat alamiah bahan yang diendapkan. Hambatan, berupa balok sekat, pilar jembatan dan sejenisnya yang cenderung memperbesar nilai n .

Nilai yang berupa koefisien atau angka (jari-jari) kekasaran dinding akan sangat berpengaruh pada besarnya kecepatan aliran dan akan berpengaruh terhadap besarnya debit aliran. Semakin kasar dinding akan semakin besar nilai kekasaran

dinding dan menghasilkan debit aliran yang semakin kecil dan juga sebaliknya semakin halus dinding akan menghasilkan debit aliran yang semakin tinggi.

Tabel 2.9. Tabel Kekasaran Manning

Jenis Saluran	Koefisien Manning (n)
1. Saluran Galian	
a. Saluran tanah	0,022
b. Saluran pada batuan, digali merata	0,035
2. Saluran dengan Lapisan Perkerasan	
a. Lapisan beton seluruhnya	0,015
b. Lapisan beton pada kedua sisi saluran	0,02
c. Lapisan blok beton pracetak	0,017
d. Pasangan batu di plester	0,02
e. Pasangan batu, diplester pada kedua sisi saluran	0,022
f. Pasangan batu, disiar	0,025
g. Pasangan batu kosong	0,03
3. Saluran Alam	
a. Berumput	0,027
b. Semak - semak	0,05
c. Tak beraturan, banyak semak dan pohon, batang pohon banyak jatuh kesaluran	0,015

(Sumber: Notodiharjo, 1998)

2.8.4. Kecepatan Aliran Drainase

Kecepatan dalam saluran biasanya sangat bervariasi dari satu titik ke titik lainnya. Hal ini disebabkan adanya tegangan geser di dasar saluran, dinding saluran dan keberadaan permukaan bebas. Kecepatan aliran memiliki tiga komponen arah menurut koordinat kartesius. Namun komponen arah vertikal dan lateral biasanya kecil dan dapat diabaikan. Sehingga, hanya kecepatan aliran yang searah dengan arah aliran yang diperhitungkan. Komponen kecepatan ini bervariasi terhadap kedalaman dari permukaan air. Kecepatan minimum yang diijinkan adalah kecepatan terkecil yang tidak menimbulkan pengendapan dan tidak merangsang tumbuhan tanaman aquatic dan lumut. Pada umumnya, kecepatan sebesar 0,60–0,90 m/detik dapat digunakan dengan aman apabila presentase lumpur yang ada di

air cukup kecil. Kecepatan 0,75 m/detik bisa mencegah tumbuhnya lumut. Penentuan kecepatan aliran air didalam saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar konstruksi saluran tetap aman (Suripin,2004). Berikut adalah persamaan Manning pada Suripin (2004):

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana:

- V = Kecepatan aliran (m/detik)
 n = Koefisien kekasaran manning
 R = Jari-jari hidrolik
 S = Kemiringan memanjang saluran

2.8.5. Analisis Kapasitas Saluran

Perhitungan hidraulika digunakan untuk menganalisa dimensi penampang berdasarkan kapasitas maksimum saluran. Penentuan dimensi saluran baik yang ada (eksisting) atau yang direncanakan, berdasarkan debit maksimum yang akan dialirkan (Suripin, 2004).

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_{sal} = A \cdot V$$

Dengan:

Q_{sal} = Debit banjir rancangan (m^3/dt)

A = Luas penampang (m^2)

V = Kecepatan rata - rata

Dengan

$$A = B \cdot h$$

$$P = B + 2h$$

$$R = \frac{A}{P}$$

Dengan:

B = Lebar dasar saluran (m)

P = Keliling basah saluran (m)

h = Tinggi muka air (m)

R = Jari – jari hidraulik (m)

Tabel 2.10. Tinggi Jagaan untuk Saluran Pasangan

No	Debit (M ³ /dt)	Tinggi Jagaan (m)
1	< 0,5	0,15
2	0,5 - 1,5	0,20
3	1,5 - 5,0	0,25
4	5 - 10,0	0,30
5	10 - 5	0,40
6	> 15	0,50

Sumber : Standar Perencanaan, KP – 03 (1986)

2.9. Pemodelan HEC-RAS

Menurut Istiarto (2014), HEC-RAS merupakan aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis System (RAS)*, *software* ini dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institut for Water Resources (IWR)*. HEC-RAS merupakan *software* satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one- dimensional flow*

model), HEC-RAS memiliki empat komponen analisa hidraulika satu dimensi untuk :

1. hitungan profil muka air aliran permanen,
2. simulasi aliran tak permanen,
3. hitung transport sedimen,
4. hitungan kualitas air.

Satu elemen penting dalam HEC-RAS adalah keempat komponen tersebut menggunakan data geometri yang sama, hitungan hidraulika yang sama. HEC-RAS merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user interface*, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan, Istiarto (2014).

1. *Graphical User Interface*

Interface berfungsi sebagai penghubung antara pemakai dan HEC-RAS. *Graphical interface* dibuat untuk memudahkan pemakai HEC-RAS dengan tetap mempertahankan efisiensi. Melalui *graphical interface* ini, dimungkinkan untuk melakukan hal-hal berikut ini dengan mudah:

- a. Manajemen file
- b. Input dan edit data
- c. Melakukan analisis hidraulik
- d. Menampilkan data masukan dan hasil analisis dalam bentuk tabel dan grafik
- e. Penyusunan laporan
- f. Mengakses *on-line help*

2. Analisa Hidraulik

Berdasarkan karakter sungai, maka analisa akan dilakukan untuk menghitung profil muka air aliran permanen berubah lambat laun, program mampu memodelkan jaringan sungai. Aliran yang dapat dimodelkan adalah aliran sub-kritis, super-kritis, maupun gabungan dari kedua aliran tersebut. Selain itu, *software* ini mampu menyimulasikan aliran tak permanen satudimensi pada sungai yang memiliki alur kompleks.

3. Manajemen dan Penyimpanan Data

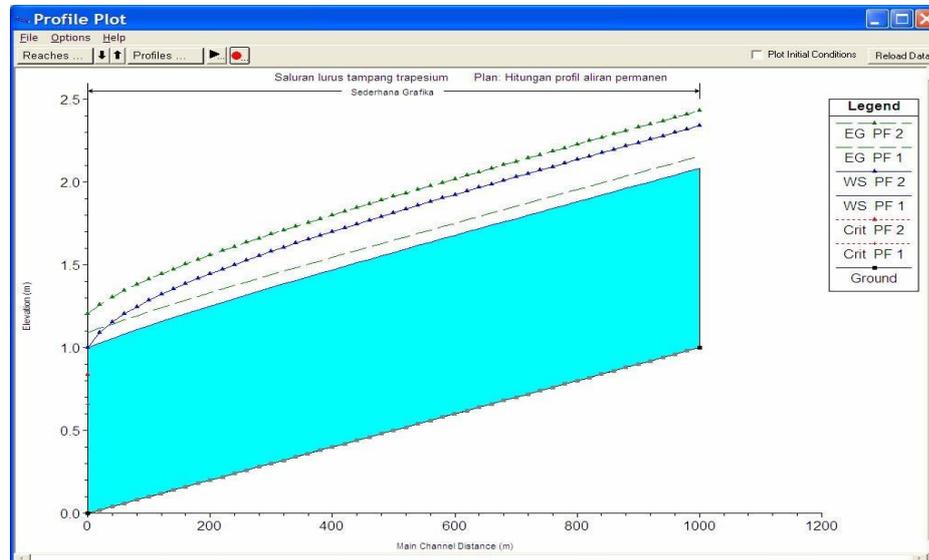
Data masukan dari pengguna HEC-RAS disimpan ke dalam file dan dikelompokkan menjadi : *plan, geometry, steady flow, unsteady flow, project* dan *sediment* data. Hasil dari program akan disimpan ke dalam *binary file*.

4. Grafik dan Pelaporan

Software ini menyediakan pola fitur plot 3D beberapa tampang lintang sekaligus. Hasil dari program dapat ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Grafik dan tabel tersebut dapat ditampilkan di layar, dicetak, atau disalin ke *clipboard* untuk dimasukkan ke dalam program aplikasi lain. Fasilitas ini dapat berupa pencetakandata masukan dan keluaran hasil pada *printer* atau *plotter*.

Presentasi dalam bentuk grafik dipakai untuk menampilkan tampang lintang di suatu *River Reach*, tampang panjang (profil muka air sepanjang alur), kurva ukur debit, gambar perspektif alur, atau hidrograf. Presentasi dalam bentuk tabel dipakai untuk menampilkan hasil rinci berupa angka (nilai) variabel di lokasi/titik tertentu atau di sepanjang alur. Pada setiap layar tampilan hasil hitungan/simulasi disediakan menu *Options*. Menggunakan menu ini untuk mengatur tampilan.

Pengguna dapat memilih plan, parameter, variabel, ruas sungai yang ditampilkan.



Gambar 2.6. Profil Muka Air Hasil Hitungan di Sepanjang Alur Sungai (contoh)

(Sumber : Modul Pelatihan HEC-RAS Universitas Gadjah Mada)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Ve (m/s)
Grafika	1000	PF 1	4.00	1.00	2.08		2.16	0.001004	
Grafika	1000	PF 2	6.00	1.00	2.34		2.43	0.001014	
Grafika	980.*	PF 1	4.00	0.98	2.06		2.14	0.001003	
Grafika	980.*	PF 2	6.00	0.98	2.32		2.41	0.001015	
Grafika	960.*	PF 1	4.00	0.96	2.04		2.12	0.001004	

Total flow in cross section.

Gambar 2.7. Tabel Hasil Hitungan di Seluruh Alur Saluran (Contoh)

(Sumber : Modul Pelatihan HEC-RAS Universitas Gadjah Mada)