

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berbagai permasalahan lingkungan seringkali terjadi pada musim hujan, salah satu permasalahan lingkungan yang sering terjadi adalah banjir. Masalah ini kerap kali terjadi setiap tahunnya di beberapa wilayah di Indonesia yang menyebabkan kerugian besar, sehingga akses menuju sumber permasalahan yang memerlukan perawatan segera menjadi terhambat. Banjir merupakan masalah yang terintegrasi, yang berarti saling berhubungan. Banjir saat ini terjadi baik di pedesaan maupun perkotaan. Masalah yang terjadi biasanya disebabkan oleh beberapa penyebab, salah satunya adalah kurangnya kepedulian berbagai pihak dalam pengelolaan sistem drainase.

Drainase berasal dari bahasa Inggris yaitu "*drainage*" mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Dalam kamus Bahasa Indonesia, drainase disebut sebagai parit permukaan tanah atau gorong-gorong di bawah tanah. Kementerian Pekerjaan Umum menjelaskan bahwa drainase merupakan jaringan pembuangan air yang berfungsi mengeringkan bagian-bagian wilayah administrasi kota dan daerah urban dari genangan air, baik dari hujan lokal maupun luapan sungai melintas di dalam kota. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik air yang berasal dari hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu. Drainase juga diartikan usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah.

Secara umum, sistem drainase merupakan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Sistem drainase perkotaan merupakan salah satu komponen prasarana perkotaan yang sangat erat kaitannya dengan penata ruang. Konstruksi ini biasa digunakan untuk menjaga pasokan air agar tetap berada di batas aman supaya tidak terjadi banjir.

Pada saat musim hujan, diruas jalan pulau rambai tepat nya di depan rumah makan H.Alung sering terjadi genangan air. Genangan air ini di sebabkan oleh tinggi nya intensitas curah hujan yang terjadi di daerah tersebut. Hal ini menyebabkan air hujan atau air permukaan tidak dapat mengalir dengan lancar sehingga terjadilah genangan air di permukaan jalan. Dampak dari genangan air ini adalah dapat menyebabkan banjir, dapat merusak struktur jalan, serta dapat menyebabkan terhambatnya arus lalu lintas.

Pada penelitian ini penulis menganalisis tentang kapasitas tampungan drainase yang ada pada ruas jalan tersebut. Analisis ini menggunakan bantuan perangkat lunak *Hec - Ras (Hydrolic Engineering Center's River Analysis System)*. *Hec - Ras* adalah perangkat lunak yang sangat populer dan handal dalam bidang hidrologi dan Teknik sipil, khususnya untuk menganalisis aliran air di Sungai dan saluran. Secara singkat, *Hec-Ras* merupakan alat yang sangat berguna dalam analisis kapasitas saluran drainase karena fleksibilitas, akurasi, fitur lengkap, kemudahan penggunaan, dan ketersediaannya secara gratis. Dengan menggunakan *Hec-Ras*, kita dapat melakukan analisis yang lebih komprehensif dan akurat, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan sumber daya air dan mitigasi bencana banjir.

1.2 Rumusan Masalah

Ditinjau dari uraian pada latar belakang yang telah dipaparkan pada sub bab sebelumnya, maka dalam menganalisis saluran drainase di kecamatan Rambah khususnya jalan Pulau Rambai ini penulis mengacu pada beberapa perhitungan yang akan di analisis yang merupakan rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Berapa debit aliran yang terjadi pada saluran drainase Jalan Pulau Rambai?
2. Apakah saluran drainase Jalan Pulau Pambai masih mampu menampung debit aliran?
3. Bagaimana kapasitas tampungan saluran drainase per *Cross Section* 10 m menggunakan *Software Hec – Ras*?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui debit aliran yang terjadi pada saluran drainase Jalan Pulau Rambai.
2. Untuk mengetahui apakah saluran drainase Jalan Pulau Pambai masih mampu menampung debit aliran.
3. Untuk mengetahui kapasitas tampungan saluran drainase per *Cross Section* 10 m menggunakan *Software Hec-Ras*.

Adapun Manfaat Penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui debit aliran yang terjadi pada saluran drainase Jalan Pulau Rambai.
2. Dapat mengetahui apakah saluran drainase Jalan Pulau Pambai masih mampu menampung debit aliran.
3. Dapat mengetahui kapasitas tampungan saluran drainase per *Cross Section* 10 m menggunakan *Software Hec-Ras*.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya perluasan masalah dan sesuai dengan tujuan yang dimaksud, maka dalam penelitian ini diperlukan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Drainase yang di teliti pada penelitian ini sepanjang 100 m.
2. Penelitian ini menggunakan data curah hujan selama 10 tahun terakhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

1. Bunganaen dkk (2024), Judul” Evaluasi Kapasitas Tampung Saluran Drainase Menggunakan Software Hec-Ras 6.0 (Studi Kasus: Jalan Jendral Soeharto-Jendral Sudirman)”. Banjir merupakan peristiwa alam yang sering terjadi dan menimbulkan genangan air. Tidak terkecuali di sepanjang ruas Jalan Jendral Soeharto-Jalan Jendral Sudirman, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur yang disebabkan oleh curah hujan yang terjadi dan kapasitas saluran drainase yang kurang memadai. Tentu perlu dilakukan analisis kapasitas tampung dari suatu sistem drainase, dimana drainase tersebut dapat menampung limpahan air atau tidak. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui debit banjir pada ruas jalan Jendral Soeharto-Jalan Jendral Sudirman serta mengetahui kapasitas dari sistem saluran drainase di sepanjang ruas Jalan Jendral Soeharto-Jalan Jendral Sudirman menggunakan software HEC-RAS. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan subjek penelitian menggunakan software HEC RAS pada saluran drainase dan menggunakan instrumen studi pustaka dan observasi. Hasil dari penelitian ini yaitu dapat mengetahui debit banjir yang terjadi, mengetahui kapasitas saluran drainase, mengetahui dimensi dan jumlah street inlet serta penempatan manhole.
2. Reviko dkk (2024), Judul” Kajian Evaluasi Genangan pada Saluran Drainase di Desa Menala Kecamatan Taliwang Kabupaten Sumbawa Barat”. Banjir merupakan permasalahan lingkungan yang seringkali terjadi di kota-kota besar Indonesia, termasuk di Desa Menala, Kabupaten Sumbawa Barat. Penyebabnya adalah kurangnya perhatian terhadap sistem drainase, penyempitan dan pendangkalan saluran drainase, serta perubahan tata guna lahan yang pesat. Sistem drainase berperan penting dalam mengatasi banjir, dan mengubahnya dapat berdampak buruk pada infrastruktur. Untuk mengevaluasi permasalahan banjir, pemodelan dengan perangkat lunak HEC-RAS menjadi solusi yang diusulkan. Pemodelan ini membantu dalam mengevaluasi sistem drainase perkotaan dan merancang

solusi efektif. Studi ini menyajikan hasil penelitian menggunakan aplikasi HEC-RAS 6.2 satu dimensi untuk mengevaluasi permasalahan banjir di Desa Menala, Kecamatan Taliwang, Kabupaten Sumbawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi debit rancangan Desa Menala dengan kala ulang 5 tahun menggunakan aplikasi HEC-RAS, serta merencanakan penanganan genangan untuk mengetahui anggaran biaya yang diperlukan. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa debit banjir dengan kala ulang 5 tahun berkisar antara $0,005 \text{ m}^3/\text{detik}$ hingga $1,016 \text{ m}^3/\text{detik}$. Ditemukan 30 saluran drainase yang tidak mampu menangani debit banjir, menyebabkan ketinggian banjir berkisar antara 15 cm hingga 50 cm. Solusi alternatif berupa perbaikan dimensi saluran dengan beton precast U Ditch berhasil mengatasi masalah, dan perkiraan biaya untuk implementasi 2.007.342.165.

3. Setyawati & Amudi (2023), Judul “Evaluasi Kinerja Saluran Drainase di Jalan Semambung – Sumpit Kecamatan Driyorejo dengan Hec-RAS”. Setiap kali turun hujan terjadi genangan di Jalan Semambung – Sumpit Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik sampai saat penelitian ini dilakukan. Pada Februari 2023, hujan deras mengakibatkan terjadinya genangan dan banjir dengan ketinggian berkisar 30 hingga 80 cm di sepanjang jalan. Permasalahan genangan dan banjir yang ada sampai saat ini belum teratasi secara optimal sehingga diperlukan adanya penelitian dalam mengatasi permasalahan tersebut serta keterkaitannya terhadap keoptimalan drainase yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase dalam menampung aliran permukaan untuk mendapatkan solusi penanganan masalah yang ada sebagai rekomendasi kepada pihak yang berwenang. Evaluasi ini dilakukan menggunakan permodelan menggunakan software Hec-RAS dan perhitungan secara manual. Permodelan dengan Hec-RAS dilakukan untuk mendapatkan grafik penampang sehingga dapat diketahui solusi apa yang dapat diberikan untuk permasalahan genangan dan banjir. Evaluasi yang dilakukan dengan analisis Hec-RAS dan dikontrol dengan analisis manual mendapatkan hasil bahwa kapasitas saluran yang efektif menampung debit aliran yang mengalir hanya terdapat pada section 1 saluran barat, serta section 1 sampai dengan 4 untuk

saluran timur. Pada section 2 sampai 10 pada saluran barat serta section 5 sampai dengan 7 pada saluran timur sudah tidak lagi efektif menampung debit aliran sehingga terjadi pelimpahan. Rekomendasi solusi yang disarankan oleh peneliti dalam penelitian ini meliputi metode struktural. Solusi struktural pemeliharaan yang disarankan adalah normalisasi dan perawatan secara berkala terhadap saluran sehingga mengurangi penumpukan sampah serta tanaman liar yang ada dan memperkecil ukuran saluran. Solusi struktural pembangunan yang disarankan meliputi pengubahan dimensi saluran serta pengubahan lapis permukaan saluran pada section saluran yang tidak efektif.

4. Ilfan dkk (2023), Judul” Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Sekunder di Jalan Kapten Pattimura Telanaipura Kota Jambi Menggunakan Software Hec-Ras”. Salah satu daerah di Kota Jambi yang mengalami permasalahan sistem drainase adalah daerah Telanaipura tepatnya di Jalan Kapten Pattimura. Kawasan sekitar lokasi penelitian merupakan kawasan padat penduduk dan terdapat beberapa pusat perbelanjaan, rumah makan, serta memiliki pengguna jalan yang cukup tinggi. Saat terjadi hujan besar atau hujan dengan waktu yang cukup lama daerah ini sering tergenang air setinggi 0,2 – 0,8 meter yang mana dapat menimbulkan kerugian yang cukup banyak bagi warga sekitar dan juga bagi pemilik usaha yang ada di daerah tersebut. Dari hal tersebut dapat dikatakan bahwa saluran drainase pada lokasi ini kurang optimal dalam menampung dan mengalirkan debit air hujan. Dalam hal ini perlu dilakukan kajian analisis hidrologi dan analisis hidrolika dari saluran drainase tersebut yang berguna membantu memecahkan masalah yang terjadi. Penelitian ini menggunakan data hidrologi berupa curah hujan bulanan selama 10 tahun terakhir dan geometri saluran drainase sekunder pada Jalan Kapten Pattimura Telanaipura. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu berupa analisis hidrologi dengan metode curah hujan maksimum, gumbel, dan perhitungan debit rencana dengan metode rasional. Analisis Hidraulika yang dilakukan ini menggunakan bantuan program HEC-RAS untuk mensimulasikan debit aliran air pada drainase tersebut. Berdasarkan hasil analisis, dapat

disimpulkan bahwa saluran drainase sekunder Jalan Kapten Pattimura Kecamatan Telanaipura Kota Jambi tidak dapat menampung debit aliran rencana periode 2, 5, dan 10 tahun. Hal ini dikarenakan adanya sedimentasi, tingginya curah hujan, kurang optimalnya saluran drainase dalam menampung debit aliran, dan adanya tumpukan sampah. Solusi dari permasalahan ini yaitu dengan cara memperdalam dimensi saluran drainase sedalam 40–135 cm.

5. Mahfidh dkk (2022), Judul” Analisa Kapasitas Saluran Drainase Pada Jalan Raya Kelet – Bangsri”. Drainase Jalan Raya Kelet– Bangsri yang terletak di Desa Jinggotan, Kecamatan Kembang, Kabupaten Jepara, drainase ini tergolong kedalam drainase buatan dengan panjang 725 meter. Menurut Muria News “Jepara, 4/02/2020, turun hujan deras dari pukul 10.30 hingga 15.00 di Jalan Raya Kembang – Bangsri, pada saat itu terjadilah banjir besar yang menggenangi jalan tersebut setinggi 30- 40 cm. Genangan air terjadi dari Taman Kembang sampai jembatan Jinggotan yang terletak di sebelah selatan dari SMA 1 Kembang. Banjir tersebut mengganggu arus lalu lintas setempat sehingga menghambat laju kendaraan yang melewatinya.”Penelitian analisa kapasitas drainase pada Jalan Raya Kelet – Bangsri ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan drainase dalam mengalirkan debit air buangan, selain itu juga untuk mengetahui kapasitas drainase, dan memberikan solusi dari permasalahan tersebut. Pada penelitian ini sebelumnya yang dilakukan adalah dengan meninjau kondisi saluran eksisting terlebih dahulu, dengan mengumpulkan data primer maupun sekunder kemudian melakukan analisa menggunakan software HEC – RAS 5.0.7. Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada drainase Jalan Raya Kelet– Bangsri memang perlu adanya analisa kapasitas drainase, sehingga dapat mengetahui solusi untuk perencanaan kedepan. Dengan analisa hidrologi menggunakan software HEC-RAS 5.0.7 akan memudahkan untuk merencanakan kembali suatu drainase dengan dilengkapi simulasi kondisi saluran. Dalam analisa perhitungan menggunakan distribusi sebaran log pearson III karena nilai $C_s < 1$ dari metode tersebut mendapatkan curah hujan 2 tahun 226.0757 mm, 5 tahun

285.6254 mm, 10 tahun 322.7451 mm sehingga menghasilkan debit banjir rencana $Q_{2019} 2,99 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{2021} 3,28 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{2024} 3,64 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $Q_{2029} 4,04 \text{ m}^3/\text{s}$. sedangkan pada software HEC – RAS 5.07 menghasilkan debit saluran rata – rata $Q_{2,43} \text{ m}^3/\text{s}$ dimana $Q_{\text{Debit}} > Q_{\text{Saluran}}$ maka dinyatakan Q_{saluran} tidak memenuhi persyaratan untuk mengalirkan debit banjir sehingga terjadi limpasan air. Untuk itu direncanakan U ditch dengan dimensi $b = 1,2 \text{ m}$ dan $h = 1,4 \text{ m}$ dengan kekasaran manning 0.014 dan kemiringan saluran sebesar 2,75 %, dari hasil analisa menggunakan software HEC-RAS 5.0.7 dengan U ditch dimensi $b = 1,2 \text{ m}$ dan $h = 1,4 \text{ m}$ memenuhi syarat dan aman untuk menampung debit banjir.

6. Diyanti dkk (2022), analisis kapasitas saluran drainase pada perumahan mustika tigaraksa kabupaten tangerang dengan software hec ras 4.1. Banjir adalah suatu peristiwa alam yang kerap terjadi disetiap musim penghujan. Drainase merupakan prasaran dari jalannya air hujan yang mengalir di atas permukaan. Drainase merupakan bagian penting dalam penataan sistem penyediaan air di bidang pertanian maupun tata ruang. Umumnya di perkotaan dan luar perkotaan, drainase dapat berfungsi sebagai saluran untuk air dari permukaan (badan) jalan dan berfungsi menampung daerah tangkapan lingkungan sekitarnya. Secara umum tipikal drainase jalan selalu menggunakan drainase permukaan tanah (surface drainage). Perumahan Mustika Tigaraksa, Kabupaten Tangerang merupakan salah satu wilayah perumahan yang selalu mengalami banjir setiap tahun. Tujuan pada penelitian ini, yaitu menganalisis kapasitas saluran draianse pada Perumahan Mustika Tigaraksa Kabupaten Tangerang. Metode yang digunakan untuk analisis kapasitas saluran darianse yaitu metode rasional dan software hec ras 4.1. Data yang digunakan antara lain data sekunder berupa data intensitas curah hujan, data topografi, dan ketinggian banjir. Data primer yang digunakan, yaitu data kondisi eksisting wilayah penelitian, data dimensi, kondisi, dan jenis saluran drainase. Data hujan yang digunakan dari 3 (tiga) stasiun hujan yang terdiri dari Stasiun Meteorologi Budiarto, Stasiun Meteorologi Maritim Serang, dan Stasiun Geofisika Tangerang. Data curah hujan yang digunakan 10 Tahun dari tahun

2010 sampai dengan 2019. Hasil analisis dari penelitian ini, yaitu didapatkan debit banjir rancangan periode ulang 5 tahunan sebesar 1,2964 m³/detik. Dimensi saluran yang sesuai dengan debit banjir rancangan hasil analisis dengan program hec ras 4.1, yaitu 0,8x0,8 cm untuk saluran primer dan 0,6x0,6 cm untuk saluran sekunder.

2.2 Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian diperlukan sebagai bukti agar tidak adanya plagiarisme antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian analisis kapasitas tampungan drainase pada jalan pulau rambai menggunakan *Software Hec – Ras* belum pernah dilakukan sebelumnya. Keaslian penelitian ini teridentifikasi pada:

1. Lokasi saluran drainase yang diteliti terletak di jalan Raya Boter tepatnya di Pulau Rambai Desa Rambah Tengah Hilir Kecamatan Rambah.
2. Analisa kapasitas tampungan drainase menggunakan *Software Hec-Ras* versi 5.0.7.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Drainase

Drainase adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengumpulkan, mengalirkan, dan membuang air permukaan, air hujan, atau air tanah yang berlebihan dari suatu area tertentu. Sistem drainase dirancang dengan tujuan untuk mencegah genangan air yang mengakibatkan banjir, menghindari kerusakan lingkungan, dan memastikan penggunaan lahan yang efisien. Salah satu fungsi utama drainase adalah mengalirkan air hujan yang berlebihan, sehingga tidak menimbulkan genangan dan banjir di area tertentu. Tanpa drainase yang efektif, banjir bisa menjadi masalah serius, terutama di musim hujan. Sistem drainase juga dapat digunakan untuk mengendalikan kualitas air. Melalui penyaringan alami, beberapa polutan dapat dihilangkan sebelum air mencapai sungai atau laut. Di sektor pertanian, drainase digunakan untuk mengontrol kadar air tanah. Ini membantu menghindari kelebihan air atau kekurangan air yang dapat merusak tanaman. Sistem drainase juga dapat digunakan untuk mengumpulkan dan menyimpan air hujan, yang kemudian dapat digunakan untuk keperluan irigasi atau penggunaan domestik.

3.1.1 Sistem Drainase

Sistem drainase adalah suatu jaringan infrastruktur yang dirancang dengan tujuan mengatur dan mengendalikan aliran air dalam suatu lingkungan, terutama dalam konteks perkotaan. Hal ini mencakup segala bentuk struktur dan saluran yang dirancang untuk mengalirkan air hujan dan limbah menuju tempat yang lebih aman. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai sarana untuk menghindari genangan air yang besar saja, tetapi juga sebagai solusi komprehensif untuk mengelola aliran air dalam lingkungan yang menjadi area urbanisasi.

Pentingnya sistem drainase juga terletak pada kemampuannya untuk menjaga lingkungan perkotaan tetap berfungsi dengan baik. Dalam kota-kota yang padat penduduk, aliran air yang tidak terkendali dapat mengakibatkan kerusakan fisik seperti erosi tanah dan longsor. Adanya sistem drainase yang efektif nantinya akan mencegah kerusakan ini dengan mengarahkan aliran air menuju jalur yang aman, menjaga stabilitas tanah, dan melindungi infrastruktur perkotaan. Sistem

drainase yang baik adalah jaringan infrastruktur terpadu yang dirancang untuk mengatur aliran air dalam lingkungan perkotaan. Melalui perencanaan yang terintegrasi, sistem ini mampu mengatasi curah hujan ekstrem dan perubahan lingkungan, sambil menjaga stabilitas tanah dan melindungi infrastruktur. Desain adaptif dan penggunaan teknologi modern, seperti model hidrologi, memastikan kinerja optimal sistem. Pemeliharaan rutin menjadi kunci, dengan pemantauan berkala dan perawatan terhadap saluran drainase dan elemen lainnya.

3.1.2 Jenis – jenis Drainase

Ada beberapa jenis drainase yang dibagi berdasarkan :

a. Proses terbentuknya

1. Drainase alamiah (*Natural Drainage*). Drainase alami merujuk pada aliran alami air yang terbentuk oleh kontur tanah dan fitur alam lainnya. Ini mencakup sungai, sungai kecil, dan aliran air alami lainnya yang tidak dimodifikasi oleh manusia secara signifikan.
2. Drainase buatan (*Artificial Drainage*) adalah sistem yang dibuat oleh manusia untuk mengontrol aliran air. Ini termasuk saluran drainase, parit, dan saluran air buatan lainnya.

b. Letak saluran

1. Drainase Permukaan tanah (*Surface Drainage*). Drainase permukaan mencakup sistem yang mengalirkan air dari permukaan tanah ke dalam saluran air. Ini sering digunakan untuk mengumpulkan air hujan dari jalan, trotoar, dan area permukaan lainnya di perkotaan.
2. Drainase dalam tanah (*Sub Surface Drainage*) adalah sistem yang mengalirkan air di bawah permukaan tanah. Ini melibatkan penggunaan pipa drainase yang terkubur di dalam tanah untuk menghilangkan air yang meresap ke dalam tanah, membantu mengurangi genangan air, dan mencegah masalah terkait air tanah tinggi.

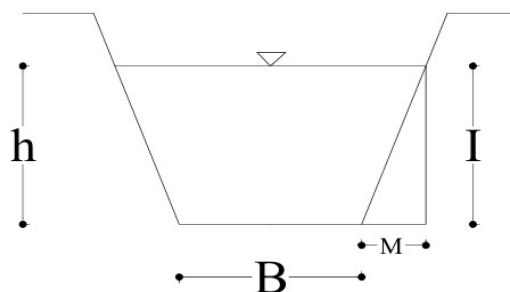
c. Fungsi saluran

1. Drainase pertanian adalah sistem yang dirancang khusus untuk mengairi lahan pertanian atau menghilangkan kelebihan air dari tanah pertanian. Ini membantu mempertahankan produktivitas lahan pertanian.
 2. Drainase perkotaan adalah sistem yang digunakan di perkotaan untuk mengelola air hujan, mengurangi risiko banjir perkotaan, dan memastikan aliran air yang baik di dalam kota. Ini mencakup saluran air, saluran pembuangan, dan sistem pengelolaan air hujan.
- d. Konstruksi
1. Drainase terbuka adalah sistem yang menggunakan saluran terbuka, seperti parit atau sungai buatan, untuk mengalirkan air. Ini sering digunakan di daerah pedesaan dan perkotaan untuk mengarahkan air ke saluran utama.
 2. Drainase tertutup adalah sistem yang menggunakan pipa atau saluran bawah tanah untuk mengalirkan air. Ini lebih umum di perkotaan dan dapat menyembunyikan saluran air dari pandangan, meningkatkan estetika lingkungan.

3.1.3 Bentuk Penampang Saluran Drainase

1. Saluran Bentuk Trapesium

Saluran drainase bentuk trapesium adalah bentuk saluran yang paling umum dipakai pada saluran dinding tanah yang tidak dilapis, sebab stabilitas kemiringannya dapat di sesuaikan. Saluran ini membutuhkan ruangan yang cukup dan berfungsi untuk menyalurkan air hujan, air limbah, maupun untuk irigasi. Untuk lebih jelasnya saluran bentuk trapesium dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 3. 1 Saluran Bentuk Trapesium

Sumber: SNI 03 – 3424 - 1994

- ❖ Persamaan untuk menghitung luas penampang basah (A)

$$A = (B + mh) h \dots\dots\dots (1)$$

- ❖ Persamaan untuk menghitung keliling basah (P)

$$P = B + 2h(m^2 + 1)^{0,5} \dots\dots\dots (2)$$

- ❖ Persamaan untuk menghitung jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

A = luas penampang basah (m²)

B = lebar saluran (m)

h = tinggi muka air (m)

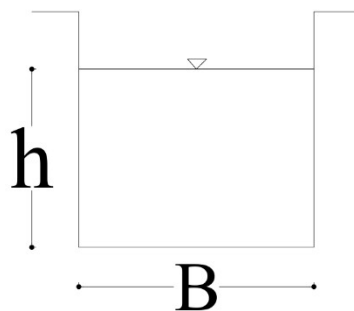
m = kemiringan dinding saluran

R = jari-jari hidrolis (m)

P = keliling basah saluran

2. Saluran Bentuk Segi Empat

Saluran drainase berbentuk empat persegi panjang tidak membutuhkan banyak ruangan, sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini harus dari pasangan beton. Bentuk saluran ini juga berfungsi sebagai saluran air hujan, air limbah rumah tangga, dan air irigasi. Untuk lebih jelasnya saluran dengan bentuk segi empat terdapat pada gambar



Gambar 3. 2 Saluran Bentuk Segi Empat

Sumber: SNI 03 – 3424 - 1994

- ❖ Perhitungan menghitung debit saluran (Q)

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (4)$$

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots (5)$$

- ❖ Persamaan menghitung keliling basah saluran (P)

$$P = B + 2 \times h \dots\dots\dots (6)$$

- ❖ Persamaan untuk menghitung jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (7)$$

- ❖ Persamaan menghitung kecepatan aliran (V)

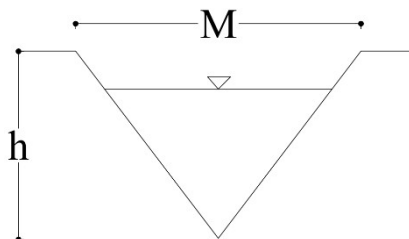
$$V = \frac{1}{n} (R)^{2/3} (S)^{1/2} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

- V = Kecepatan Aliran
- A = Luas penampang basah
- R = jari-jari hidrolis
- S = kemiringan dasar saluran
- n = kekerasan manning

3. Saluran Bentuk Segi Tiga

Saluran yang berbentuk segitiga hanya di pakai pada pengujian laboratorium. Karena itu saluran ini sangat jarang sekali digunakan. Untuk lebih jelasnya saluran dengan bentuk segitiga terdapat pada Gambar



Gambar 3. 3 Saluran Bentuk Segitiga

Sumber: SNI 03 – 3424 - 1994

$$A = m \cdot h^2 \dots\dots\dots (9)$$

$$P = 2\sqrt{m + 1}h \dots\dots\dots (10)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{m \cdot h^2}{2 \cdot \sqrt{m+1}h} = \frac{h}{2\sqrt{2}} \dots\dots\dots (11)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{1/2} S^{1/2} \dots\dots\dots (12)$$

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (13)$$

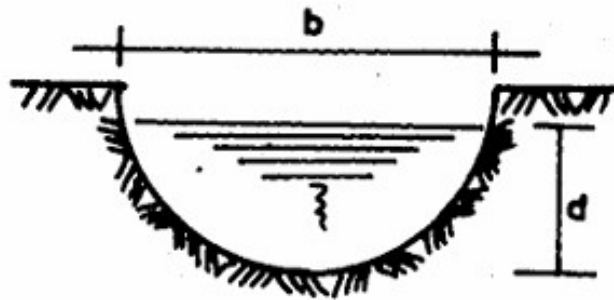
Dimana :

- A = Luas tampang basah saluran (m²)
- R = Jari jari hidraulic (m)
- P = Keliling basah saluran (m)

- S = Kemiringan saluran
 n = Koefisien kekasaran manning
 m = Kemiringan saluran
 h = Tinggi basah saluran (m)

4. Saluran Bentuk Lingkaran

Biasanya, penampang berbentuk lingkaran digunakan untuk gorong-gorong di mana saluran terletak di dalam tanah.



Gambar 3. 4 Bentuk Saluran Setengah Lingkaran

Sumber: SNI 03 – 3424 - 1994

Kekasaran yang dihadapi akan menggunakan rumus manning untuk menentukan nilai n , karena belum ditentukan nilai dilapangan, untuk itu ada 3 macam pendekatan menentukan harga n yaitu:

1. menentukan factor yang mempengaruhinya
2. menggunakan table-tabek n untuk bermacam-macam tipe saluran
3. menyelidiki sifat dari saluran yang telah diketahui harga n nya

faktor yang mempengaruhi kekasaran manning (n) antara lain:

- a. kekasaran permukaan

kekasaran permukaan yang ditentukan oleh bentuk dan besarnya butir-butir material yang terdapat pada keliling basah saluran sedangkan butir-butir kasar memberikan nilai n yang tinggi

- b. tumbuh tumbuhan

tumbuh-tumbuhan yang ada pada hakekatnya juga merupakan kekasaran permukaan. Pengaruhnya pada harga n tergantung pada jenisnya, tingginya, kerapatan serta distribusinya. Hal ini penting untuk saluran keel

- c. ketidak teraturan saluran

mencakup pola ketidak teraturan keliling basah, variasi tampang, ukuran dan bentuk disepanjang saluran. Perubahan penampang yang lambat laun tidak begitu mempengaruhi nilai n , lain halnya apabila perubahan tersebut terjadi tiba-tiba

d. trase saluran

kelengkungan yang landau dengan jari-jari yang besar akan memberikan nilai n yang relative rendah, sedangkan kelengkungan yang tajam dengan belokan-belokan yang patah akan memperbesar nilai n

e. hambatan

akibat adanya seperti baloa sekat, pilar jembatan dan sejenisnya cenderung pada sifat alamiah, hambatan ukuran, bentuk dan banyaknya hambatan.

f. dimensi dan bentuk saluran

pertambahan jari-jari umumnya mengecil bila tinggi air dan debitnya bertambah. Bila tinggi air rendah maka ketidak saluran sangat besar pengaruhnya terhadap nilai n , namun ada kalanya nilai n dapat lebih besar pada saat air tinggi dan dinding saluran kasar serta berumput. Pada table 3.1 diberikan nilai n untuk nilai n saluran buatan dan saluran alam

Tabel 3. 1 Nilai-nilai Koefisien kekasaran manning (n)

Tipe Saluran	Minimum	Normal	Maksimum
Saluran dilapis dan dipoles			
A.1 Logam			
a. baja dengan permukaan licin			
1. tidak dicat	0,011	0,012	0,014
2. di cat	0,012	0,013	0,017
b. baja dengan permukaan bergelombang	0,021	0,025	0,030
A.2 Bukan Logam			
a. semen			
1. acian	0,010	0,011	0,013
2. adukan	0,011	0,013	0,01
b. kayu			
1. diserut, tidak diawetkan	0,011	0,012	0,014
2. diserut diawetkan dengan creosoted	0,012	0,012	0,015
3. tidak diserut	0,010	0,013	0,015
4. papan	0,012	0,015	0,018
5. dilapis dengan kertas kedap air	0,010	0,014	0,017
c. Beton			
1. dipoles dengan sendik kayu	0,011	0,013	0,015
2. dipoles sedikit	0,013	0,015	0,016

Tippe Saluran	Minimum	Normal	Maksimum
3. dipoles	0,015	0,017	0,020
4. tidak dipoles	0,014	0,017	0,023
5. adukan semprot, penampang rata	0,016	0,019	0,025
6. adukan semprot, penampang bergelombang	0,018	0,022	
7. pada galian batu yang teratur	0,017	0,020	
8. pada galian batu yang tidak teratur	0,020	0,027	
d. dasar beton dipoles sedikit dengan tebing dari:			
1. batu teratur dalam adukan	0,015	0,017	0,020
2. batu tak teratur dalam adukan	0,017	0,020	0,024
3. adukan batu, semen dipoles	0,016	0,020	0,024
4. adukan batu dan semen	0,020	0,025	0,030
5. batu kosong dan semen	0,020	0,030	0,035
e. dasar kerikil dengan tebing dari			
1. beton acuan	0,017	0,020	0,025
2. batu tak teratur dalam adukan	0,020	0,023	0,026
3. batu kosong atau rip-rap	0,023	0,033	0,036
f. Bata			
1. diglasir	0,011	0,013	0,015
2. dalam adukan semen	0,012	0,015	0,018
g. Pasangan Batu			
1. batu pecah disemen	0,017	0,025	0,030
2. batu kosong	0,023	0,032	0,035
h. Batu Potong, diatur	0,013	0,015	0,017
i. Aspal			
1. halus	0,013	0,013	
2. kasar	0,016	0,016	
j. Lapisan Dari Tanaman	0,030		0,050
B. Saluran Alam			
Saluran kecil (lebar diatas taraf banjir < 100 kaki)			
a. saluran didataran			
1. bersih, lurus, terisi penuh	0,025	0,030	0,033
2. banyak batu, tanaman pengganggu	0,030	0,035	0,055
3. bersih, berkelok, berceruk, bertebing	0,033	0,040	0,060
4. seperti diatas dengan tanaman pengganggu diatas	0,035	0,040	0,080
5. seperti diatas, tidak terisi penuh, banyak kemiringan dan penampang kurang efektif	0,040	0,045	0,055
6. seperti no 4 berbatu banyak	0,045	0,050	0,060
7. tenang pada bagian lurus	0,050	0,070	0,080
	0,075	0,100	0,150

Tipe Saluran	Minimum	Normal	Maksimum
8. banyak tana pengganggu, ceruk dalam			
b. Saluran di Pegunungan tanpa tertumbuhan di saluran tebing umumnya terjal, pohon dan Semak-semak sepanjang tebing	0,030	0,040	0,050
1. Dasar: krikil, sedikit batu besar	0,040	0,050	0,070
2. Dasar: kerakal dengan batu besar			

Sumber: Aliran melalui saluran terbuka (KG. Rangga Raju)

3.2 Perhitungan Curah Hujan

Hujan adalah rangkaian proses presipitasi cairan, yaitu fenomena alam terjadinya kondensasi uap air pada atmosfer yang mengalami penambahan uap air dan pendinginan, kemudian mengalami tabrakan satu sama lain, sehingga menjadi sebuah peristiwa yang disebut hujan. Selanjutnya, air dalam bentuk awan akan kembali turun ke bumi. Air yang turun ke bumi ini dikenal sebagai hujan, baik berbentuk hujan air, hujan salju atau hujan es.

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh pada periode tertentu. Pengukurannya dilakukan dengan satuan tinggi diatas permukaan tanah horizontal yang diasumsikan tidak terjadi penguapan atau infiltrasi, run off, atau evaporasi. Pengertian curah hujan juga sering disebut dengan presipitasi juga diartikan sebagai jumlah air hujan yang turun pada wilayah tertentu dan pada kurun waktu tertentu. Jumlah curah hujan adalah volume air yang terkumpul pada permukaan bidang datar pada periode tertentu, seperti harian, mingguan, bulanan serta tahunan. Definisi lain curah hujan, yaitu jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Untuk menganalisa jumlah curah hujan suatu wilayah, kita dapat menggunakan metode sebagai berikut:

1. Metode Aritmatik

Ini adalah metode yang paling sederhana dan sangat mudah diterapkan. Metode aritmatik memiliki beberapa kelemahan, yaitu kurang akurat karena bergantung pada distribusi hujan terhadap ruang dan ukuran daerah aliran sungai (besar atau kecil). Selain itu, metode ini memiliki syarat kondisi agar bisa mendapatkan hasil perhitungan, seperti banyaknya jumlah tempat yang dibutuhkan dengan konsistensi dan

konsentrasi curah hujan yang merata. Metode ini dapat menentukan curah hujan rata-rata pada daerah aliran sungai dengan membagi beberapa wilayah pada DAS atau disebut dengan stasiun. Kemudian, pada masing-masing stasiun dilakukan penghitungan curah hujan. Selanjutnya, jumlah curah hujan pada setiap stasiun akan ditotal, kemudian dibagi dengan jumlah wilayah perhitungan curah hujan dilakukan. Sehingga diperoleh hasil rata-rata curah hujan pada wilayah DAS yang sudah ditentukan. Metode rerata aritmatika digunakan ketika memenuhi asumsi bahwa hujan yang terjadi pada satu kawasan bersifat homogeneous. Akurasi dari metode ini merupakan yang terendah. Hujan rerata sangat sederhana yaitu hanya mencari rerata curah hujan yang diukur di setiap titik pengukuran dalam satu kawasan dengan menggunakan persamaan:

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_i + \dots + P_n}{n} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana :

- $\bar{P}$ = Curah hujan rata-rata (mm/bulan)
- P_i = Curah hujan ke-1 (mm/bulan)
- n = Banyak data

2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. 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 luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata, pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah tiga stasiun hujan. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Metode poligon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan seperti pemindahan

atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi poligon yang baru. Secara matematis hujan rerata tersebut dapat ditulis,

$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_1 A_2 \dots + A_n} \dots\dots\dots (15)$$

Dimana :

$\bar{P}$ = Hujan rerata kawasan

$P_1, P_2, \dots P_n$ = Hujan pada stasiun 1, 2, ..., n

$A_1, A_2, \dots A_n$ = Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n

3. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode Isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis Isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis Isohyet tersebut. Metode Isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rata-rata di suatu daerah, pada metode ini stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata, metode Isohyet membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibanding dua metode lainnya. Rumus perhitungan menggunakan metode Isohyet,

$$\bar{P} = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_n \left(\frac{P_n + P_{n+1}}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (16)$$

Dimana :

$\bar{P}$ = Rata rata curah hujan wilayah (mm)

$P_{1,2,3,\dots,n}$ = Curah hujan stasiun (mm)

$A_{1,2,3,\dots,n}$ = Luas wilayah antara 2 stasiun (km²)

3.3 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah metode statistik yang digunakan untuk mempelajari seberapa sering suatu peristiwa terjadi dalam suatu rentang waktu tertentu. Dalam konteks hidrologi, analisis frekuensi terutama digunakan untuk Menetapkan besarnya curah hujan dengan kala ulang tertentu, menganalisis kejadian ekstrim dan membuat perencanaan untuk Pembangunan infrastruktur. Adapun beberapa metode perhitungan curah hujan rencana tahunan adalah sebagai berikut :

1. Distribusi *Log Pearson Type III*

Distribusi *Log Pearson Type III* adalah salah satu metode analisis frekuensi yang sering digunakan dalam hidrologi, khususnya untuk menentukan nilai curah hujan rencana dengan berbagai periode ulang. Metode ini cocok digunakan untuk data yang memiliki distribusi tidak simetris atau miring.

Rumus :

$$Y = \bar{Y} + K.Sd \dots\dots\dots (17)$$

$$\log(X_T) = \overline{\log(X)} + K.Sd \dots\dots\dots (18)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^2}{n-1}} \dots\dots\dots (19)$$

$$\overline{\log(X)} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n} \dots\dots\dots (20)$$

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots (21)$$

Dimana :

Y = $\log(X_T)$ = Nilai curah hujan periode ulang T tahun

X = Data curah hujan

$\bar{Y}$ = $\overline{\log(X)}$ = Nilai rata-rata curah hujan logaritmatik

Sd = Standar deviasi

K = Karakteristik distribusi Log Pearson Tipe III

Cs = Koefisien *Skewnes*/ Koefisien Kemencengan

n = Jumlah data hujan

Tabel 3. 2 Distribusi Log Person Type III Nilai G Untuk Cs

Koefien kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun								
	1,25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)								
	80	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,711	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660

Koefien kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun								
	1,25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)								
	80	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
1,6	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,854	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,857	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,856	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,853	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,846	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	-0,836	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	-0,824	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	-0,808	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	-0,790	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	-0,769	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	-0,745	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	-0,732	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	-0,643	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089	1,097	1,130

Sumber : *Rekayasa Hidrologi (Lily Montarich.L)*

2. Distribusi Normal

Perhitungan dengan distribusi normal secara praktis dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd \dots\dots\dots (22)$$

Dimana :

X_T = Perkiraan periode ulang T-tahunan

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

K_T = Faktor frekuensi

Sd = Deviasi standar

Rumus menghitung standar deviasi curah hujan :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (23)$$

Dimana :

Sd = Standar deviasi

X_i = Curah hujan rata-rata

$\bar{X}$ = Rata-rata curah hujan maksimum

n = Jumlah data

Tabel 3. 3 Nilai Variabel Reduksi Gauss

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

Sumber : *Rekayasa Hidrologi (Lily Montarcih.L)*

3. Metode Distribusi Gumbel

Rumus menghitung standar deviasi curah hujan :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (24)$$

Dimana :

Sd = Standar deviasi

X_i = Curah hujan rata-rata

$\bar{X}$ = Rata-rata curah hujan maksimum

n = Jumlah data

Rumus menghitung nilai faktor frekuensi

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (25)$$

Dimana :

K = Faktor frekuensi

Y_t = Variasi reduksi (*reduced variate*)

Y_n = Nilai tengah variasi reduksi terngatung banyaknya sampel (n)

S_n = Standar deviasi dari *reduced variate*

Rumus menghitung rencana periode ulang

$$X_t = \bar{X} + (K.Sd) \dots\dots\dots (26)$$

Dimana :

X_t = Hujan rencana dengan periode ulang T tahunan

$\bar{X}$ = Rata-rata curah hujan maksimum

K = Faktor frekuensi

Sd = Standar deviasi

Tabel 3. 4 Variasi Reduksi (*Reduced Variate* (Y_T))

PRIODE ULANG (T)	Y_T
2	0,3665
5	14,999
10	22,502
20	29,606
25	31,985
50	39,019
100	46,001
200	52,960
500	62,140
1000	69,190
5000	85,390

PRIODE ULANG (T)	Y_T
10000	99,210

Sumber : Hidrologi untuk insinyur (Ray K. Linsley. JR)

Tabel 3. 5 Hubungan n (Besar Sampel) dengan Y_n dan S_n

n	Y_n	S_n
8	0,24843	0,9043
9	0,4902	0,9288
10	0,4952	0,9496
11	0,4996	0,9676
12	0,5035	0,99833
13	0,5070	0,9972
14	0,5100	1,0095
15	0,5128	1,0205
20	0,5235	1,0628
25	0,5309	1,0915
30	0,5362	1,1124
40	0,5436	1,1413
50	0,5485	1,1607
60	0,5521	1,1747
70	0,5548	1,1854
80	0,5569	1,1938
90	0,5586	1,2007
100	0,5600	1,2065

Sumber : Rekayasa Hidrologi (Lily Montarcih.L)

4. Distribusi Log Normal

Jika $X = \log X$, maka perhitungan dengan distribusi normal secara praktis dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd \dots\dots\dots (27)$$

X_T = perkiraan periode ulang T-tahunan

$\bar{X}$ = nilai rata-rata

K_T = faktor frekuensi

Sd = deviasi standar

3.4 Uji Distribusi Probabilitas

Data Hidrologi yang digunakan untuk memperkirakan banjir rencangan (*Design Flood*) ataupun debit andalan (*Dependable Discharge*) dengan memakai analisa frekuensi belum tentu sesuai dengan distribusi yang dipilih. Untuk itu perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi (*Testing Of Goodness Of Fit*). Oleh karena pengeplotan data pada kertas distribusi berdasarkan pada 2 sistem ordinat yang

umumnya dikenal dengan peluang (%) sebagai absis (skala normal/ logaritma). Berdasar data tersebut maka sebaran data inidiasumsi bisa diwakili oleh satu kurva teoritis (bisa berupa garis lurus/ lengkung, bergantung pada jenis skala yang dipakai).

Untuk menjamin bahwa pendekatan epidermis (berupa pengeplotan data) dapat diwakili oleh kurva teoritis, diperlukan uji kesesuaian distribusi yang dikenal *Testing of Goodness of Fit*. Ada 2 uji yang bisa dilakukan dalam hal ini yaitu uji *Smirnov Kolmogorof* dan uji *ChiSquare*.

1. Uji *Smirnov Kolmogorof*

Uji *Smirnov-Kolmogorov* merupakan uji kesesuaian distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horizontal untuk mengetahui suatu data sesuai/tidak, dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih. Uji *Smirnov Kolmogorov* sering juga disebut sebagai uji kecocokan non-parametric, karena pengujiannya tidak memakai fungsi distribusi tertentu. Pengujian dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data, antara sebaran empiris dan sebaran teoritis, yang dinyatakan dalam A. Harga A terbesar (A maks) dibandingkan dengan A kritis (dari Tabel *Smirnov Kolmogorof*) dengan tingkat keyakinan (α) tertentu. Distribusi dianggap sesuai jika: $A_{maks} < A_{kritis}$

Sebelum melakukan uji kesesuaian terlebih dahulu dilakukan plotting data dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Data hujan harian maksimum tahunan disusun dari besar ke kecil.
- b. Menghitung probabilitas masing-masing data dengan rumus *Weibull*

$$P = \frac{m}{n-1} \times 100\% \dots\dots\dots (28)$$

Dimana:

P = Probabilitas %

m = Nomor Urut Data

n = Jumlah data

- a. Plotting data debit (X) dengan probabilitas P.
- b. Menarik garis durasi dengan memilih 2 titik pada Metode Gumbel (garis teoritis berupa garis lurus) dan 3 titik pada Metode Log Pearson

III (garis teoritis berupa garis lengkung kecuali untuk $C_s = 0$, garis teoritis berupa garis lurus dan disebut sebagai Log Normal).

Persamaan yang digunakan adalah (Soetopo dan Limantara, 2017) sebagai berikut:

$$\Delta_{max} = [Pe - Pt] \dots\dots\dots (29)$$

Dimana:

Δ = selisih maksimum antara peluang empiris dan teoritis

Pe = peluang empiris

Pt = peluang teoritis

Δ_{cr} = simpangan kritis (dari tabel)

Kemudian membandingkan antara Δ_{max} dan Δ_{cr} , distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima apabila $\Delta_{max} < \Delta_{cr}$ dan jika $\Delta_{max} > \Delta_{cr}$ berarti distribusi tidak dapat diterima.

2. Uji *Chi Square*

Uji *Chi Square* dilakukan untuk uji kesesuaian distribusi data pengamatan terhadap data teoretis ke arah vertikal. Rumus *Chi Square* (X^2) sebagai berikut:

$$X^2_{hitung} = \sum_{i=1}^n \frac{(Fe - Ft)^2}{Ft} \dots\dots\dots (30)$$

Dengan:

X^2_{hit} = harga Chi Square hitung

Fe = frekuensi pengamatan kelas j

Ft = frekuensi teoritis kelas j

k = jumlah kelas

Derajat bebas d^k dirumuskan sebagai berikut (Soetopo dan Limantara, 2017):

- $d^k = k-1$ jika frekuensi dihitung tanpa memperkirakan parameter dari sampel.
- $d^k = k-1-p$ jika frekuensi dihitung dengan memperkirakan m parameter dari sampel.

Harga X^2 dengan derajat bebas (v) seperti tersebut di atas dibandingkan dengan X^2 dari tabel dengan tingkat keyakinan (α) tertentu. Jika $X_{hitung} < X^2$ tabel berarti data sesuai dengan distribusi tersebut

Tabel 3. 6 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Square (X^2)

d ^k	Derajat kepercayaan							
	t _{0,995}	t _{0,99}	t _{0,975}	t _{0,95}	t _{0,05}	t _{0,025}	t _{0,01}	t _{0,005}
1	0.000	0.016	0.000	0.005	3.841	5.024	6.635	6.635
2	0.010	0.211	0.051	0.104	5.991	7.378	9.210	9.210
3	0.072	0.584	0.216	0.339	7.815	9.348	11.345	11.345
4	0.207	1.064	0.484	0.677	9.488	11.143	13.277	13.277
5	0.412	1.610	0.831	1.091	11.070	12.832	15.086	15.086
6	0.676	2.204	1.237	1.559	12.592	14.449	16.812	16.812
7	0.989	2.833	1.690	2.071	14.067	16.013	18.475	18.475
8	1.344	3.490	2.180	2.617	15.507	17.535	20.090	20.090
9	1.735	4.168	2.700	3.189	16.919	19.023	21.666	21.666
10	2.156	4.865	3.247	3.786	18.307	20.483	23.209	23.209
11	2.603	5.578	3.816	4.403	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	6.304	4.404	5.037	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	7.042	5.009	5.687	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	7.790	5.629	6.349	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	8.547	6.262	7.024	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	9.312	6.908	7.709	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	10.085	7.564	8.404	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	10.865	8.231	9.109	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	11.651	8.907	9.822	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	12.443	9.591	10.542	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	13.240	10.283	11.269	32.670	35.479	38.932	41.401
22	8.643	14.042	10.982	12.002	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	14.848	11.688	12.741	35.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	15.659	12.401	13.487	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	16.473	13.120	14.238	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	17.292	13.844	14.993	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	18.114	14.573	15.753	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	18.939	15.308	16.518	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	19.768	16.047	17.287	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	20.599	16.791	18.060	43.773	46.979	50.892	53.672

Sumber: Rekayasa Hidrologi (Lily Montarcih.L)

3.5 Perhitungan Debit Aliran

Cara untuk menentukan debit rencana yang berdasarkan debit hujan dapat diklasifikasikan dalam 3 cara yaitu :

1. Cara dengan rumus empiris
2. Cara statistic atau kemungkinan
3. Cara dengan unit hidrograf

Dari cara diatas yang paling cocok digunakan untuk kondisi lapangan adalah cara rumus empiris, metode rasional. Metode rasional hanya membutuhkan data curah hujan dan luas daerah aliran Sungai (DAS). Rumus ini umumnya lebih akurat

untuk DAS yang relatif kecil dan homogen, Dimana waktu konsentrasi air tidak terlalu besar.

Adapun asumsi dari metode rasional adalah debit pengaliran akan maksimum kala lama waktu curah hujan sama dengan lama waktu konsentrasi daerah alirannya.

Rumus dari metode rasional adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,00278 C.I.A \dots\dots\dots (31)$$

Dimana :

- Q = Debit ($m^3/detik$)
- A = Luas daerah pengaliran (Ha)
- I = Intensitas curah hujan ($mm/hari$)
- C = Koefisien pengaliran

3.5.1 Intensitas Hujan (I)

Intensitas curah hujan adalah besarnya jumlah hujan yang turun yang dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Metode tradisional memanfaatkan data frekuensi intensitas curah hujan dan persamaan rasional. Hal yang terpenting dalam pembuatan rancangan suatu bangunan air adalah distribusi curah hujan tahunan, curah hujan bulanan, curah hujan harian, curah hujan perjam dan curah hujan pendek. Berdasarkan SNI 03-3424-1994 periode ulang yang digunakan untuk perhitungan drainase adalah periode ulang 5 tahun.

Adapun rumus sederhana dari intensitas hujan adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{R}{t} \dots\dots\dots (32)$$

Dengan :

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- R = Tinggi hujan (mm)
- T = Lamanya hujan (jam)

1. Rumus Talbot (1881)

Rumus ini banyak digunakan karena mudah diterapkan dan tetapan-tetapan a dan b di tentukan dengan harga-harga yang terukur.

$$I = \frac{a}{t + b} \dots\dots\dots (33)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya hujan

a dan b = Konstanta yang tergantung pada lamanya hujan yang terjadi di DAS

2. Rumus Sherman (1905)

Untuk hujan yang lamanya lebih dari 2 jam

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots (34)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

$a = \left[\frac{\sum(\log I) \cdot \sum(\log t)^2 - \sum(\log t \cdot \log I) \cdot \sum(\log t)}{N \cdot \sum(\log t)^2 - \sum(\log t) \cdot \sum(\log t)} \right]^{10}$

$b = \left[\frac{\sum(\log I) \cdot \sum(\log t)^2 - \sum(\log t \cdot \log I) \cdot \sum(\log t)}{N \cdot \sum(\log t)^2 - \sum(\log t) \cdot \sum(\log t)} \right]^{10}$

t = Lamanya hujan (jam)

N = Banyaknya data

3. Rumus Ishiguro (1953)

$$I = \frac{a}{b + \sqrt{t}} \dots\dots\dots (35)$$

4. Rumus Mononobe

Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas dapat dihitung dengan rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (36)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya hujan (jam)

R24 = Curah hujan maksimum harian (mm)

3.5.3 Koefisien Pengaliran / *Run Off* (C)

Koefisien pengaliran (C) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya limpasan terhadap besarnya curah hujan. Angka koefisien

pengaliran ini merupakan salah satu indicator untuk menentukan apakah suatu daerah pengaliran telah mengalami gangguan fisik. Besarnya tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air. Untuk daerah tangkapan yang beraneka ragam bentuk permukaan dapat dicari koefisien pengaliran dengan rumus:

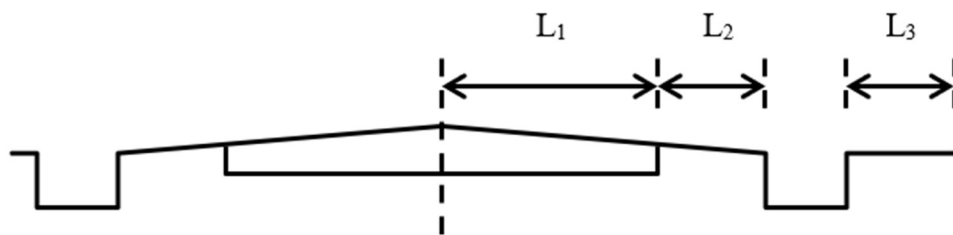
$$C = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots + A_n C_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (37)$$

Dimana:

C = Koefisien pengaliran

A = Luas daerah tangkapan (m²)

Berdasarkan tata cara perencanaan drainase SNI-03-3424-1994, batas daerah pengaliran tergantung dari daerah pembebasan dan daerah sekelilingnya ditetapkan seperti pada Gambar 3.5 berikut :



Gambar 3. 5 Daerah Pengaliran

Sumber : SNI-03-3424-1994

dimana :

L = batas daerah pengaliran yang diperhitungkan (L₁ + L₂ + L₃)

L₁ = ditetapkan dari as jalan sampai bagian tepi perkerasan

L₂ = ditetapkan dari tepi perkerasan yang ada sampai tepi bahu jalan

L₃ = tergantung dari keadaan setempat dan panjang maksimum 100 m.

Untuk berbagai jenis tata guna lahan, tabel berikut menyajikan nilai koefisien pengaliran (C).

Tabel 3. 7 Koefisien Pengaliran Metode Rasional

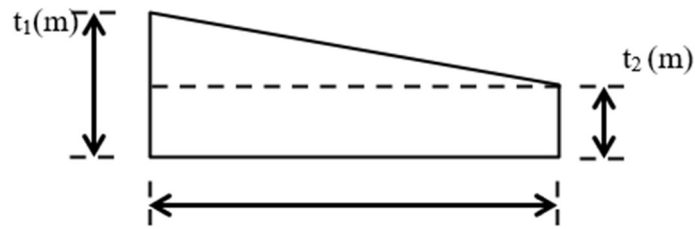
Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)
Perumputan	
Tanah Pasir, datar, 2%	0,50-0,10
Tanah Pasir, sedang, 2-7%	0,10-0,15

Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)
Tanah Pasir, curam, 7%	0,15-0,20
Tanah gemuk, datar, 2%	0,13-0,17
Tanah gemuk, sedang, 2-7%	0,18-0,22
Tanah gemuk, curam, 7%	0,25-0,35
Perdagangan	
Daerah Kota Lama	0,75-0,95
Daerah Pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	
Daerah Single Family	0,30-0,50
Multi unit terpisah	0,40-0,60
Multi unit tertutup	0,60-0,75
Suburban	0,25-0,40
Daerah apartement	0,50-0,70
Industry	
Daerah ringan	0,50-0,80
Daerah berat	0,60-0,90
Taman, Kuburan	0,10-0,25
Tempat Bermain	0,20-0,35
Halaman Kereta Api	0,20-0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10-0,30
Jalan	
Beraspal	0,70-0,95
Beton	0,80-0,95
Batu	0,70-0,85
Atap	0,75 – 0,95

Sumber : Hidrologi Terapan (Bambang Triadmodjo)

3.5.4 Kemiringan Saluran

Kemiringan tanah ditempat dibuatnya fasilitas selokan gorong-gorong ditentukan dari hasil pengukuran dilapangan, dihitung dengan rumus.



Gambar 3. 6 Kemiringan Saluran

Sumber : SNI-03-3424-1994

$$S = \frac{t_1 - t_2}{L} \dots\dots\dots (38)$$

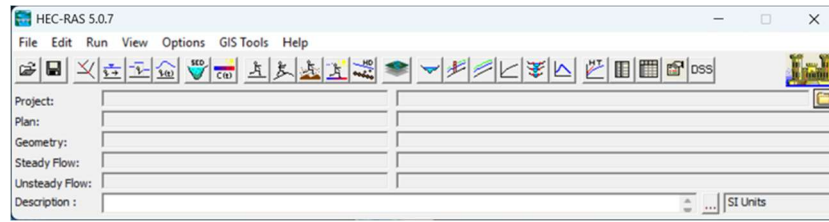
keterangan:

t_1 = tinggi tanah dibagian tertinggi/hulu(m)

t_2 = tinggi tanah dibagian terendah/hilir(m)

3.6 HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center- River Analysis System)

Hec-Ras merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis System (RAS)*, yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers*. *Hec-Ras* merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one dimensional flow model*). Aliran tunak (*Steady Flow*) adalah saluran terbuka yang memiliki kedalaman air tidak berubah atau bisa dikatakan konstan dalam suatu waktu tertentu. Aliran tak tunak (*Unsteady Flow*) adalah aliran dalam saluran terbuka yang memiliki kedalaman aliran berubah sesuai waktu. *Hec-Ras* memiliki beragam fitur yang memungkinkannya untuk mensimulasikan berbagai aspek aliran air, termasuk banjir, debit sungai, dan dampak perubahan iklim. Software ini telah digunakan secara luas di seluruh dunia untuk perencanaan dan desain infrastruktur hidrolika, seperti bendungan, tanggul, dan sistem irigasi. Fungsi utama *Hec-Ras* adalah untuk memodelkan aliran air di sungai dan saluran air. Model ini digunakan untuk memprediksi debit, elevasi permukaan air, kecepatan aliran, dan parameter hidrolika lainnya. Tampilan jendela utama pada Software *Hec-Ras* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 7 Tampilan Awal *Hec-Ras*

Sumber : Software Hec-Ras

Di bagian atas jendela utama *Hec-Ras* adalah *Menu Bar* dengan opsi sebagai berikut :

1. *File* : Opsi ini digunakan untuk manajemen *file*. Pilihan yang tersedia dibawah *menu file* meliputi : *New Project; Open Project; Save Project; Save Project As; Rename Project; Delete Project; Project Summary; Import HEC-2 Data; Import HEC-RAS data; Generate Report; Export GIS Data; Export to HEC-DSS; Restore Backup Data; Debug Report; dan Exit*. Selain itu, proyek yang paling baru dibuka akan dicantumkan di bagian bawah menu file, yang memungkinkan pengguna dengan cepat membuka proyek yang baru saja dikerjakan.
2. *Edit* : Opsi ini digunakan untuk memasukkan data dan mengedit data. Data dikategorikan menjadi enam jenis: *Geometric Data; Steady Flow Data; QuasiUnsteady Flow; Unsteady Flow Data; Sediment Data; dan Water Quality Data*.
3. *Run* : Opsi ini digunakan untuk melakukan perhitungan hidrolis. Opsi dibawah item menu ini meliputi: *Steady Flow Analysis; Unsteady Flow Analysis; Quasi-Unsteady Sediment Analysis; Water Quality Analysis; Hydraulic Design Functions; and Run Multiple Plans*.
4. *View* : Opsi ini berisi seperangkat alat yang menyediakan tampilan grafis dan tabel dari keluaran model. Item menu *View* saat ini meliputi: *Cross Sections; Water Surface Profiles; General Profile Plot; Rating Curves; 3D Perspective Plots; Stage and Flow Hydrographs; Hydraulic Properties Plots; Detailed Output Tables; Profile Summary Tables; Summary Err, Warn, Notes; DSS Data; Unsteady Flow Spatial Plot; Unsteady Flow Time Series Plot; WQ Spatial Plot; WQ Time Series Plot; Sediment Spatial Plot; Sediment Time Series Plot, and Sediment XS Changes Plot*.

5. Options : Item menu ini memungkinkan pengguna untuk mengubah opsi Pengaturan Program; mengatur Parameter Default; menetapkan Sistem Satuan Default (U.S. Customary or Metric); Mengonversi Unit Proyek (*U.S. Custom to Metric, atau Metric to U.S. Customary*); dan *Convert Horizontal Coordinate System* (opsi ini memungkinkan pengguna untuk mengubah seluruh proyek *Hec-Ras* dari satu sistem koordinat horizontal ke yang lain).
6. GIS Tools : Item menu ini memungkinkan pengguna untuk membuka alat *Hec-Ras Mapper*; yang dapat digunakan untuk membuat model medan untuk digunakan dengan *Hec-Ras*; menampilkan pemetaan genangan; dan melakukan animasi dinamis banjir; bersama dengan banyak lapisan pemetaan lainnya.
7. Help : Item menu ini memungkinkan pengguna untuk mendapatkan bantuan online *Hec-Ras*; menampilkan manual *Hec-Ras* (Manual pengguna, Manual Referensi Hidrolik, Panduan Aplikasi, dan Catatan Rilis); instal proyek contoh; Cara menyesuaikan menu Bantuan; buka halaman web *Hec-Ras*; buka panduan online untuk memilih nilai n Manning; melihat syarat dan ketentuan pernyataan penggunaan; dan menampilkan informasi versi terkini tentang *Hec-Ras*.

Data yang diperlukan atau yang akan dibutuhkan dalam pemodelan analisa kapasitas saluran drainase menggunakan *Hec-Ras* adalah sebagai berikut:

1. Data Geometik Saluran

- Dimensi Saluran: Lebar, kedalaman, dan bentuk penampang melintang saluran
- Kemiringan Saluran: Kemiringan dasar saluran yang mempengaruhi kecepatan aliran
- Material Saluran: Jenis material saluran (beton, tanah, dll.) untuk menentukan koefisien kekasaran Manning.

2. Data Hidrologi

Data Curah Hujan: Data intensitas, koefisien pengaliran dan durasi curah hujan untuk menentukan debit.