

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelebihan air yang tidak tertampung oleh jaringan drainase di suatu wilayah, menyebabkan genangan air di permukaan atau disebut juga dengan bencana banjir. Genangan kerap terjadi di berbagai daerah yang ada di Rokan Hulu termasuk di beberapa ruas jalan di berbagai daerah. Dengan adanya perubahan tata guna lahan, laju pertumbuhan penduduk tersebut serta terjadinya musim hujan, membuat saluran drainase yang ada tidak berfungsi dengan baik. Selain itu pertumbuhan penduduk yang meningkat dan limbah rumah tangga dapat mempengaruhi siklus kehidupan makhluk hidup.

Saluran drainase memiliki fungsi sebagai tempat mengalirnya limpasan air hujan sehingga kapasitasnya harus dijaga tetap mampu menampung seluruh limpasan air hujan dari daerah tangkapan airnya. Salah satu saluran drainase yang berada di jalan Syeh Abdul Rauf terlihat banyak air yang tergenang. Tingginya curah hujan dapat menyebabkan suatu drainase dapat meluap dan akibatnya dapat terjadi banjir di daerah tersebut.

Saluran drainase yang berada pada jalan Syeh Abdul Rauf ini mengalami genangan air. Hal ini menyebabkan penulis ingin mengangkat judul penelitian ini. Genangan yang terjadi bisa saja menyebabkan banjir apabila curah hujan yang tinggi. Air hujan yang deras dan lama bisa saja menyebabkan banjir. Genangan air yang terjadi mungkin saja berasal dari limpasan curah hujan dan bersal dari limbah rumah tangga disekitarnya.

Genangan yang terjadi membuat penulis mengangkat judul “Evaluasi Kapasitas Tampung Saluran Drainase di Jalan Syeh Abdul Rauf Desa Rambah Tengah Hilir Kecamatan Rambah” dan agar dapat mengetahui kapasitas dari tampungan saluran drainase tersebut. Maka dari itu untuk mengetahui daya tampung yang diterima saluran drainase tentu akan di Analisa terlebih dahulu apakah kapasitas dari saluran itu dapat memenuhi kapasitas debit aliran. Dengan cara mengidentifikasi kapasitas saluran kita dapat mengetahui saluran tersebut apakah perlu perluasan atau penyebab genangan tersebut.

Pada penelitian ini evaluasi kapasitas suatu drainase dilakukan dengan mengkombinasikan Program *Hec-Ras*. Dimana *Hec-Ras* merupakan merupakan pemodelan untuk menganalisis profil muka air saluran. Menurut Istriarto *HEC-RAS* adalah program aplikasi untuk memodelkan aliran pada sungai dimana suatu model satu dimensi aliran permanen maupun tidak permanen (steady and unsteady one-dimensional flow model). Pemodelan ini nanti akan menggambarkan apakah saluran drainase di syeh abdul rauf itu mampu menampung debit air yang terjadi didaerahnya.



Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian Tergenang Air

Sumber: Dokumentasi Lapangan

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa debit aliran pada saluran drainase di Jalan Syeh Abdul Rauf?
2. Apakah kapasitas saluran Drainase pada Jalan Syeh Abdul Rauf mampu menampung debit aliran?
3. Bagaimana kapasitas tampungan saluran drainase per *Cross Section* 10m menggunakan *software Hec – ras*?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun Tujuan dari Penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui debit aliran pada saluran drainase pada jalan Syeh Abdul Rauf

2. Untuk mengetahui kapasitas tampungan dari saluran drainase pada jalan Syeh Abdul Rauf
3. Untuk mengetahui kapasitas tampungan saluran drainase per *cross section* 10m menggunakan software *Hec-Ras*

Adapun Manfaat dari Penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui debit aliran pada saluran drainase pada jalan Syeh Abdul Rauf
2. Dapat mengetahui kapasitas tampungan dari saluran drainase pada jalan Syeh Abdul Rauf
3. Dapat mengetahui kapasitas tampungan saluran drainase per *cross section* 10m menggunakan software *Hec-Ras*

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya perluasan masalah dan agar penelitian sesuai dengan tujuan, maka diperlukan Batasan masalah. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Drainase yang diteliti pada penelitian ini sepanjang 100 m.
2. Penelitian ini menggunakan data curah hujan selama 10 tahun terakhir.
3. Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Menggunakan *Software Hec-Ras*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

1. (Wangsa, Suryatmaja) (2024), Judul “Analisis Kapasitas Air Pada Saluran Drainase di jalan Antasura Daerah Peguyangan Kaja Denpasar Utara”. Drainase merupakan suatu sistem yang dibuat untuk mengatasi masalah kelebihan air diatas tanah dan dibawah tanah. Kinerja sistem drainase ditentukan dengan menggunakan teknik konstruksi yang baik, melakukan perawatan rutin dan berkala. Hujan lebat tidak hanya menyebabkan limpasan air di permukaan tetapi juga limpasan air permukaan perkotaan yang membentuk genangan air karena rendahnya daya dukung sistem drainase. Salah satu daerah yang mengalami banjir di kota Denpasar adalah di jalan Antasura daerah Paguyangan Kaja Denpasar Utara yang disebabkan oleh tersumbatnya saluran oleh sendimen akibat sampah. Penelitian ini melakukan pemantauan dan evaluasi terhadap curah hujan, debit banjir dan kapasitas air pada saluran drainase. Hasil evaluasi perhitungan dan perbandingan dengan pemodelan HEC-RAS, kapasitas air pada saluran drainase dititik 0-800m tidak memenuhi hasil debit banjir rancangan pada saluran kala ulang, maka prediksi saluran drainase akan menyebabkan terjadinya banjir, sedangkan kapasitas air saluran drainase di titik 800-1000 m masih memenuhi debit banjir rancangan pada kala ulang 2 tahun dan 5 tahun, namun pada kala ulang 10 tahun tidak memenuhi, maka diprediksi saluran drainase akan tetap memenuhi kapasitas jika dilakukan normalisasi saluran setiap harinya.
2. (Sardana, 2024), Judul “Analisis Kapasitas Saluran Drainase Afvoer Sukorejo Wilayah Timur Kota Bojonegoro”. Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu kabupaten yang memiliki perkembangan yang pesat pada pembangunan daerah maupun populasi penduduk sehingga menjadikan perubahan tata guna lahan yang berdampak berkurangnya daerah resapan air. Wilayah Timur Kota Bojonogoro terdapat Afvoer Sukorejo yang memiliki fungsi sebagai saluran drainase di Kota Bojonegoro bagian timur. Aliran saluran ini berakhir pada pertemuan dengan kali Loro

dan bersama-sama menuju Sungai Bengawan Solo melalui sodetan sungai sampai pintu air Semanding dan mengalir secara gravitasi menuju pintu air Kalirejo. Wilayah ini sering terjadi genangan banjir disaat musim penghujan melanda. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi penampang saluran yang ada (existing) terhadap besarnya debit banjir rencana periode ulang 10 tahun. Analisis yang dilakukan ialah analisis hidrologi dengan melakukan perhitungan debit rencana periode ulang dan analisis hidrolika penampang dengan menggunakan software *HEC-RAS* (Hidrologic Engineering Center – River Analysis System). Data yang diperlukan berupa data primer yaitu kondisi existing saluran, tata guna lahan, juga arah aliran dan berupa data sekunder yaitu data curah hujan, peta catchment area serta peta tata guna lahan. Hasil analisis didapatkan bahwa kapasiitas existing saluran Afvoer Sukorejo sampai dengan Pintu Air Semanding dalam menerima debit banjir rencana periode 10 tahun terdapat 2 kondisi yaitu tidak aman dan aman. Kondisi tidak aman hampir terjadi pada banyak saluran yaitu meliputi: Afvoer Sukorejo, Kali Loro Segmen 1, 2 dan 3, dan Sodetan Semanding-Kalirejo dengan kedalaman luapan bervariasi. Sedangkan kondisi aman hanya terjadi pada saluran Sodetan Semanding segmen 1 dan 2.

3. (Asep, Gabril, Riswanto) (2024), Judul “Analisis Kapasitas Drainase Pada Perumnas IV Jayapura”. Perumnas IV kecamatan heram Kota Jayapura Saat ini saluran drainase di perumahan tersebut tidak cukup menampung limpasan yang terjadi saat hujan dengan intensitas 139,122 mm/jam. Debit limpasan pada salumn drainase di Pemmnas IV Jayapura setelah dianalisis menghasilkan debit rencana Pada Saluran sebesar 16,785 m³/s, dankapasitas saluran 13,238 m³/s. maka Saluran tidak cukup menampung Limpasan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah kapasitas tampungan debit saluran mampu atau tidak menampung debit rencana dari curah hujan maksimum pada periode ulang 5 tahun menggunakan pemodelan simulasi aliran dengan program Hec-Ras. Pada penelitian ini menggunakan data primer berupa data penampang eksisting saluran. Sedangkan untuk data sekundernya, berupa data curah hujan harian

maksimum stasiun Tebas tahun 2014-2023 yang diambil dari data BWS Papua (Balai Wilayah Sungai Papua) dan ditetapkan pengambilan data nya menggunakan data IAIN.

4. (Pratama, Munandar) (2023), Judul “Validasi Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Menggunakan Metode Rasional Modifikasi dengan Software Hec-Ras & SWMM”. Suatu negara tropis salah satunya yaitu Indonesia, permasalahan erosi yang sering menjadi perusak tata air pada suatu ruang lingkup DAS (Daerah Aliran Sungai). Pada fakta lapangan terdapat masalah saluran drainase yaitu konektivitas saluran yang terputus maupun rusak akibat erosi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kondisi sistem drainase berdasarkan analisis hidrologi serta hidraulika yang dikalkulasi secara teknis dan program. Hasil penelitian ini diperoleh debit banjir rencana (Q_r) menggunakan metode rasional modifikasi sebesar 2,408 m^3/s . Sedangkan kapasitas pada tampungan saluran (Q_s) didapatkan hasil sebesar 1,677 m^3/s . Analisis secara program dilakukan menggunakan software Hec-Ras 6.0 dan SWMM 5.2 yang dapat mensimulasikan tingginya genangan di atas saluran drainase. Oleh karena itu, sangat diperlukan perencanaan ulang pada saluran drainase. Perencanaan ulang saluran drainase yang baru harus memperbesar daya tampung saluran dengan memperdalam dimensi penampang saluran drainase agar dapat menampung debit rencana.
5. (Mahfidh, Roehman) (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 $Q\ 2,99\ m^3/s$, $Q\ 3,28m^3/s$, $Q\ 3,64\ m^3/s$, dan $Q\ 4,04\ m^3/s$. sedangkan pada software HEC – RAS 5.07 menghasilkan debit saluran rata – rata $Q\ 2,43\ m^3/s$ dimana $Q\ Debit > Q\ Saluran$ maka dinyatakan $Q\ saluran$ tidak memenuhi persyaratan untuk mengalirkan debit banjir sehingga terjadi limpasan air. Untuk itu direncanakan U ditch dengan dimensi $b = 1,2\ m$ dan $h = 1,4\ m$ 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 $b = 1,2\ m$ dan $h = 1,4\ m$ memenuhi syarat dan aman untuk menampung debit banjir.

6. (Mario, Sutandi, Kurniawan) (2020), Judul “Analisis Kapasitas Jaringan Drainase Dengan Aplikasi Hec-Ras Di Kelurahan Kedoya Utara” Kelurahan Kedoya Utara merupakan wilayah yang hampir selalu tergenang banjir dengan ketinggian yang bisa mencapai 1 m setiap tahunnya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah genangan tersebut disebabkan oleh faktor kapasitas saluran. Penelitian ini akan membahas 9 saluran PHB yang terdapat di Kelurahan Kedoya Utara. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Suku Dinas Sumber

Daya Air Jakarta Barat, BMKG, dan pengukuran ke lapangan. Berdasarkan perhitungan didapat 4 saluran yang memiliki debit rencana yang melebihi kapasitas saluran sebesar 0,0797-5,7168 m³/s, sehingga dimensi saluran perlu diperbesar 0- 2,45 m untuk lebar dasar saluran, 0-2,3 m untuk lebar bagian atas saluran, dan 0,25-0,65 m untuk tinggi saluran. Dari hasil permodelan didapat bahwa ketinggian muka air untuk keempat saluran tersebut melebihi tinggi saluran sehingga menyebabkan terjadinya banjir pada daerah di sekitar 4 saluran tersebut. Lokasi banjir tersebut sesuai dengan kenyataan yang ada di lapangan. Pada tahun 2016 keempat saluran tersebut tergenang banjir dengan curah hujan yang hampir sama dan titik genangan terdalam berada di Jalan Panjang.

2.2 Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian diperlukan sebagai bukti agar tidak adanya plagialisme antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan. Sepengetahuan penulis, penelitian dengan topik Analisis Kapasitas Tampung Saluran Drainase di Jalan Syeh Abdul Rauf Desa Rambah Tengah Hilir Kecamatan Rambah menggunakan Software *Hec-Ras* belum pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Keaslian penelitian ini teridentifikasi pada:

1. Lokasi saluran drainase yang diteliti terletak di Jalan Syeh Abdul Rauf Desa Rambah Tengah Hilir Kecamatan Rambah
2. Analisa kapasitas tampungan drainase menggunakan software Hec-Ras

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Drainase

Drainase berasal dari kata drainage yang mempunyai arti mengalirkan, meringankan, menguras, membuang, dan mengalirkan air. Dalam bidang Teknik sipil drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari hujan, rembesan maupun air irigasi dari suatu Kawasan lahan sehingga fungsi Kawasan lahan tidak terganggu. System drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu Kawasan atau lahan, sehingga dapat berfungsi secara optimal. Secara garis besar drainase dapat dibedakan atas dua macam yaitu:

1. Drainase permukaan adalah system drainase yang berkaitan dengan pengendalian aliran air permukaan
2. Drainase bawah permukaan adalah system drainase yang berkaitan dengan pengendalian aliran dibawah permukaan.

Drainase perkotaan merupakan system pengeringan dan pengaliran wilayah yang meliputi pemukiman, Kawasan industry dan perdagangan, kampus/sekolah, fasilitas umum, lapangan olahraga, instalasi militer, Listrik, telekomunikasi dan Pelabuhan udara. Kriteria system drainase perkotaan ada tambahan variabel desain seperti:

1. Keterkaitan dengan tata guna lahan
2. Keterkaitan dengan master plan drainase kota
3. Keterkaitan dengan masalah sosial budaya

3.2 Jenis Drainase

Drainase memiliki banyak jenis dan jenis drainase tersebut dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Menurut sejarah terbentuknya drainase terbentuk dalam berbagai cara,
Berikut ini cara terbentuknya drainase:

- a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)
Yakni drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu / beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena grafitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.
 - b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)
Drainase ini dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/ beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.
2. Menurut letak bangunan.
- Saluran drainase menurut letak bangunannya terbagi dalam beberapa bentuk, berikut ini bentuk drainase menurut letak bangunannya :
- a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)
Yakni saluran yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa *open chanel flow*.
 - b. Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Sub Surface Drainage*)
Saluran ini bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa) karena alasan-alasan tertentu.
3. Menurut fungsinya.
- Drainase berfungsi mengalirkan air dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, berikut ini jenis drainase menurut fungsinya :
- a. Single Purpose
Yakni saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain.
 - b. Multi Purpose
Yakni saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian, misalnya mengalirkan air buangan rumah tangga dan air hujan secara bersamaan.

4. Menurut konstruksi.

Dalam merancang sebuah drainase terlebih dahulu harus tahu jenis konstruksi apa drainase dibuat, berikut ini drainase menurut konstruksi :

a. Saluran Terbuka

Yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya terbuka dan berhubungan dengan udara luar. Saluran ini lebih sesuai untuk drainase hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, atau pun drainase non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/ mengganggu lingkungan.

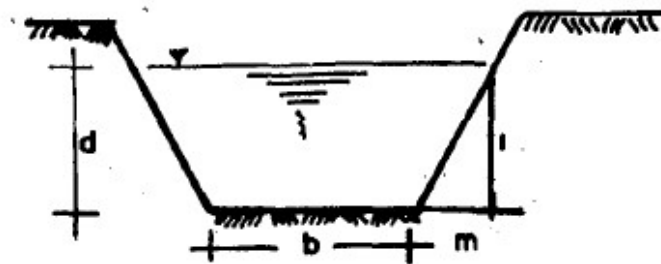
b. Saluran Tertutup

Yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya tertutup dan saluran ini tidak berhubungan dengan udara luar. Saluran ini sering digunakan untuk aliran air kotor atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

3.3 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, mau pun untuk irigasi. Untuk lebih jelasnya saluran bentuk trapesium dapat dilihat pada Gambar 3.1



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)

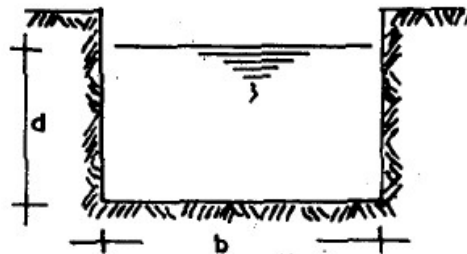
m = kemiringan dinding saluran

R = jari-jari hidrolis (m)

P = keliling basah saluran

2. Saluran bentuk segi empat

Saluran drainase berbentuk empat persegi empat 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)

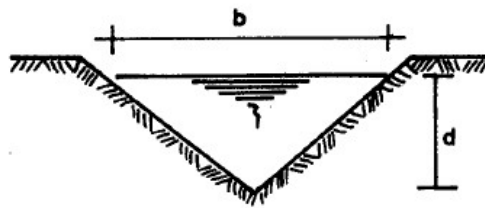
$$V = \frac{1}{n} (R)^{\frac{2}{3}} (S)^{1/2} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

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

3. Saluran bentuk segitiga

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

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

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

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

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

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

Dimana:

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

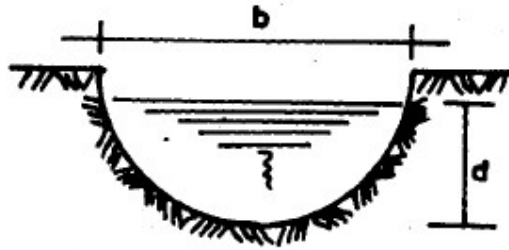
n = Koefisien kekasaran manning

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 Saluran Bentuk Lingkaran

Sumber: SNI 03-3424-1994

faktor yang mempengaruhi kekasaran manning (n) antara lain:

1. 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

2. 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

3. 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

4. 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

5. Hambatan

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

6. 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
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	

Tipe Saluran	Minimum	Normal	Maksimum
d. dasar beton dipoles sedikit dengan tebing dari:	0,015	0,017	0,020
1. batu teratur dalam adukan	0,017	0,020	0,024
2. batu tak teratur dalam adukan	0,016	0,020	0,024
3. adukan batu, semen dipoles	0,020	0,025	0,030
4. adukan batu dan semen	0,020	0,030	0,035
5. batu kosong dan semen			
e. dasar kerikil dengan tebing dari	0,017	0,020	0,025
1. beton acuan	0,020	0,023	0,026
2. batu tak teratur dalam adukan	0,023	0,033	0,036
3. batu kosong atau rip-rap			
f. Bata	0,011	0,013	0,015
1. diglasir	0,012	0,015	0,018
2. dalam adukan semen			
g. Pasangan Batu	0,017	0,025	0,030
1. batu pecah disemen	0,023	0,032	0,035
2. batu kosong			
	0,013	0,015	0,017
h. Batu Potong, diatur			
i. Aspal	0,013	0,013	
1. halus	0,016	0,016	
2. kasar	0,030		0,050
j. Lapisan Dari Tanaman			
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
8. banyak tana pengganggu, ceruk dalam	0,075	0,100	0,150

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

Sumber: Hidrolika Saluran Terbuka (Ven Te Chow)

3.4 Perhitungan Curah Hujan

Data curah hujan dan debit merupakan data yang sangat penting dalam perencanaan waduk. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan. Perlunya menghitung curah hujan wilayah adalah untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir. Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) ada tiga metode, yaitu metode rata-rata aritmatik (aljabar), metode poligon Thiessen dan metode Isohyet.

3.4.1 Metode Thiessen

Metode *thiessen polygon* merupakan salah satu metode yang memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam suatu kawasan 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. Berdasarkan persamaan rumus perhitungan metode Thiessen adalah:

$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_1 A_2 \dots + A_n} \dots\dots\dots (14)$$

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

3.4.2 Metode Aritmatik

Metode ini paling sederhana, pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang berada dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS tangkapan yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Metode rata-rata aljabar memberikan hasil yang baik apabila :

- Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS.
- Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

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:

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_i + \dots + P_n}{n} \dots\dots\dots (15)$$

Dimana:

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

3.4.3 Metode Isohyet.

Metode *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* membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibanding dua metode lainnya. Rumus perhitingan 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)

3.5 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi merupakan prakiraan dalam arti memperoleh probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk debit/ curah hujan rencana yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas/kemungkinan. Manfaat analisis frekuensi adalah:

- Memperhitungkan kapasitas bangunan, saluran drainase, irigasi, bendungan dan bangunan air lainnya
- Memperkirakan besarnya kerusakan yang ditimbulkan oleh debit banjir
- Perhitungan Ekonomi Proyek
- Pendugaan Kala Ulang

Adapun beberapa metode perhitungan curah hujan rencana tahunan adalah sebagai berikut:

1. Metode Distribusi Gumbel

Rumus menghitung standar deviasi curah hujan :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (17)$$

Dimana:

S_d = Standar deviasi

x_i = Curah hujan rata-rata

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

n = Jumlah data

Rumus menghitung nilai faktor frekuensi

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (18)$$

Dimana:

- K = Faktor frekuensi
- Y_t = Variasi reduksi (*reduced variate*)
- Y_n = Nilai tengah variasi reduksi tergnatung banyaknya sampel (n)
- S_n = Standar deviasi dari *reduced variate*

Rumus menghitung rencana periode ulang

$$X_t = \bar{X} + (K \cdot S_d) \dots\dots\dots (19)$$

Dimana:

- X_t = Hujan rencana dengan priode ulang T tahunan
- $\bar{X}$ = Rata-rata curah hujan maksimum
- K = Faktor frekuensi
- S_d = Standar deviasi

Rumus menghitung variasi reduksi

$$Y_t = -\ln \left(-\ln \frac{T-1}{T} \right) \dots\dots\dots (20)$$

Dimana:

- Y_t = Nilai Reduksi Variasi
- $\ln$ = Logaritma natural

Tabel 3. 2 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	05521	1,1747

n	Y _n	S _n
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)*

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

PRIODE ULANG (T) (Tahun)	Y _T
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

Sumber: *Hidrologi untuk insinyur (Ry K. Linsley. JR)*

2. Distribusi Log Pearson Type III

Distribusi log Pearson tipe 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:

$$Y = \bar{Y} + K.Sd \dots\dots\dots (21)$$

$$\log(X_T) = \overline{\log(X)} + K.Sd \dots\dots\dots (22)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^2}{n-1}} \dots\dots\dots (23)$$

$$\overline{\log(X)} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n} \dots\dots\dots (24)$$

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots (25)$$

Dimana:

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

- 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. 4 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
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

Koefisien 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
-1,2	-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: Hidrologi untuk insinyur (Ry K. Linsley. JR)

3. Distribusi Normal

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

$$x_T = \bar{x} + k_T \cdot sd \dots\dots\dots (26)$$

Dimana:

X_T = perkiraan periode ulang T-tahunan

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

k_T = faktor frekuensi

S_d = deviasi standar

Rumus menghitung standar deviasi curah hujan :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (27)$$

Dimana:

S_d = Standar deviasi

x_i = Curah hujan rata-rata

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

n = Jumlah data

Tabel 3. 5 Nilai Variabel Reduksi Gauss

NO	Periode 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

NO	Priode Ulang T Tahun	Peluang	K _T
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 Montarich.L)*

4. Distribusi Log Normal

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

$$Y_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d \dots\dots\dots (28)$$

X_T = perkiraan periode ulang T-tahunan

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

K = faktor frekuensi

S_d = deviasi standar

3.6 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

$$P = \frac{m}{n-1} \times 100\% \dots\dots\dots (29)$$

Dimana:

- | | |
|---|-------------------|
| P | = Probabilitas % |
| m | = Nomor Urut Data |
| n | = Jumlah data |

- c. Plotting data debit (X) dengan probabilitas P.
- d. 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:

$$\Delta_{max} = [Pe - Pt] \dots\dots\dots (30)$$

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:

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

Dengan:

X^2_{hitung} = 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

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 (Liliy Montarcih L)*

3.7 Perhitungan Debit Aliran

Debit aliran drainase adalah volume air yang mengalir melalui suatu saluran drainase dalam waktu tertentu. Sederhananya, ini adalah seberapa cepat air hujan atau limbah cair mengalir melalui saluran drainase. metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode rasional. Metode Rasional adalah metode yang sering digunakan untuk memperkirakan debit banjir maksimum secara cepat Metode ini sangat berguna dalam perencanaan sistem drainase, terutama untuk daerah-daerah dengan data hidrologi yang terbatas.

Adapun asumsi dari metode rasional adalah debit pengaliran akan maksimum kalau 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 (m³/detik)
- A = Luas daerah pengaliran (Ha)
- I = Intensitas curah hujan (mm/hari)
- C = Koefisien pengaliran

3.7.1 Intensitas Curah Hujan

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. Adapun rumus sederhana dari intensitas hujan adalah sebagai berikut:

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

Dimana:

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

Untuk menentukan intensitas hujan adalah dengan menggunakan rumus-rumus empiris yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dan lamanya hujan

1. Rumus Talbot

Untuk hujan yang lamanya 5 menit sampai 2 jam

$$I = \frac{a}{t + b} \dots\dots\dots (32)$$

Dimana:

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- t = Lamanya hujan
- a b = Konstanta yang tergantung lamanya hujan yang terjadi di DAS

2. Rumus Ishoguro

Untuk hujan-hujan pendek

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

3. Rumus Sherman

Untuk hujan-hujan yang lebih dari 2 jam

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

4. Rumus Mononobe

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

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (35)$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya hujan (jam) untuk Indonesia 5-7 jam (dahulu, sekarang 2-4jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum harian (mm)

3.7.2 Waktu Konsentrasi.

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus:

$$t_c = t_0 + t_d \text{ (menit)} \dots\dots\dots (36)$$

Dimana:

t_c = Waktu konsentrasi (menit)

t_0 = waktu pengaliran air pada permukaan tanah (menit)

t_d = waktu pengaliran air pada saluran (menit)

Ada beberapa cara empiris yang bisa digunakan dalam menentukan waktu konsentrasi/ *time concentration* (t_c), diantara lain:

1. Cara Kirpich

$$t_c = 0,00195 \times l^{0,77} \times s^{-0,385} \dots\dots\dots (37)$$

dengan:

t_c = Waktu konsentrasi (menit)

l = Panjang saluran (m)

s = kemiringan saluran (m/mm)

2. Cara Mc. Dermott

$$t_c = 0,76 \times A^{0,38}$$

dengan:

t_c = Waktu Konsentrasi (menit)

A = Luas DAS (km^2)

3.7.3 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:

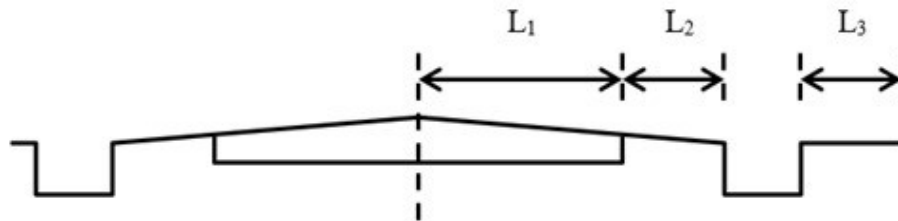
$$C = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots + A_n C_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (38)$$

Dimana:

C = Koefisien pengaliran

A = Luas daerah tangkapan (m^2)

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 ($L_1 + L_2 + L_3$)
- L1 = ditetapkan dari as jalan sampai bagian tepi perkerasan
- L2 = ditetapkan dari tepi perkerasan yang ada sampai tepi bahu jalan
- L3 = area pengaliran air

Berikut ini ada beberapa nilai hubungan antara koefisien pengaliran dengan beberapa kondisi yang disajikan dalam tabel berikut ini. Untuk berbagai jenis tata guna lahan, tabel berikut menyajikan nilai koefisien pengaliran (C).

Tabel 3. 7 Hubungan kondisi permukaan tanah dan koefisien pengaliran (C)

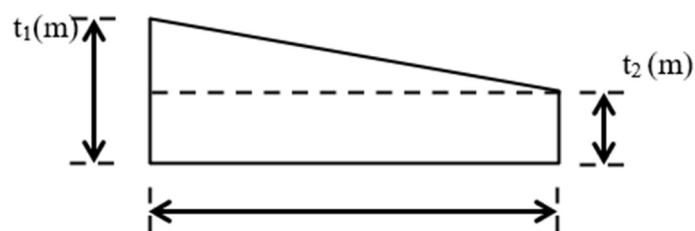
Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1. Jalan beton dan jalan aspal	0,70-0,95
2. Jalan krikil dan jalan tanah	0,40-0,70
3. Bahu Jalan	
- Tanah berbutir halus	0,40-0,65
- Tanah berbutir kasar	0,10-0,20
- Batuan massif keras	0,70-0,85
- batuan massif lunak	0,60-0,75
4. Daerah perkotaan	0,70-0,95
5. Daerah pinggir kota	0,60-0,70
6. Daerah industry	0,60-0,90
7. pemukiman padat	0,40-0,60
8. pemukiman tidak padat	0,40-0,60
9. Taman dan Kebun	0,20-0,40

Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
10. Persawahan	0,45-0,60
11. Perbukitan	0,70-0,80
12. Pegunungan	0,75-0,90

Sumber : SNI 03-3424-1994

3.7.4 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

$$S = \frac{t_1 - t_2}{L} \times 100\% \dots\dots\dots (39)$$

keterangan:

- t₁ = tinggi tanah dibagian tertinggi (m)
- t₂ = tinggi tanah dibagian terendah (m)
- L = Panjang saluran (m)

3.7.5 Limbah Rumah Tangga

Perkiraan jumlah air limbah rumah tangga suatu daerah biasanya sekitar 60-85% dari air yang disalurkan ke daerah itu. Jadi bila air yang dipergunakan untuk suatu daerah pemukiman diketahui jumlahnya, maka kemungkinan output air limbah rumah tangga dari daerah itu dapat diperkirakan.

Aliran air limbah rumah tangga bervariasi sepanjang hari maupun sepanjang tahun. Puncak harian dari suatu daerah perumahan yang kecil biasanya terjadi di pertengahan hari, variasi antara 200 hingga lebih dari 500% dari laju rata-rata tergantung yang memakai. Karena variasi air limbah akan berubah sesuai dengan

ukuran kota dan kondisi lokal lain, maka harga-harga umum yang dikutip diatas hanyalah patokan saja.

Debit air kotor hasil aktifitas manusia berupa air buangan tangga dalam perhitungan debit air kotor. Kita perlu mengetahui besarnya kebutuhan air penduduk dalam tiap-tiap wilayah yang ditinjau. Besarnya pemakaian air per orang setiap hari menurut SNI 03-7065-2005 pada dilihat pada table 3.8 dibawah ini.

Tabel 3. 8 Penggunaan Air minimum sesuai penggunaan

Penggunaan	Pemakaian Air	Satuan
Rumah Tinggal	120	Liter/Penghuni/Hari
Asrama	120	Liter/Penghuni/Hari
Rumah Sakit	500	Liter/tempat tidur/Hari
Sekolah	40-80	Liter/Siswa/Hari
Kantor atau Pabrik	50	Liter/Pegawai/Hari
Restoran	15	Liter/Kursi
Hotel Berbintang	250	Liter/Tempat Tidur/Hari
Penginapan	150	Liter/Tempat Tidur/Hari
Gedung Pertunjukan	10	Liter/Kursi
Gedung Serbaguna	25	Liter/kursi
Stasiun, Terminal	3	Liter/penumpang pulang&pergi
Tempat Beribadah	5	Liter/orang
Pasar	5	M ³ /Gedung/hari
Toserba, Toko Pengecer	5	Liter/m ²

Sumber: SNI 03-7065-2005

Dari jumlah pemakaian air tersebut dapat diperkirakan besarnya air buangan yang harus ditampung dan dialirkan yaitu sebesar 85% dari kebutuhan air yang ditetapkan. Dengan mengetahui jumlah pemakaian air, maka debit aliran air kotor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Q_k = \frac{P_n \times q}{A} \dots\dots\dots (40)$$

Dimana:

Q_k = Debit Air Kotor Rata-rata (Liter/detik/m²)

P_n = Jumlah Penduduk (Jiwa)

A = Luas total wilayah (m^2)

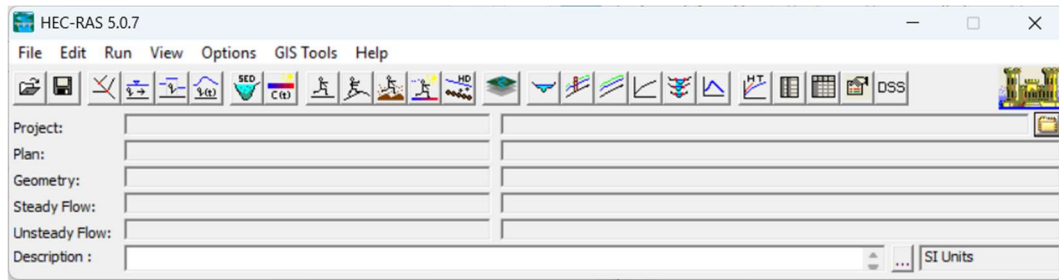
3.8 Software Hec-Ras

Analisis hidrolika adalah suatu analisis perhitungan pada saluran drainase untuk mendapatkan nilai debit hidrolika, termasuk perhitungan untuk kapasitas pompa maupun kolam tampungan apabila diperlukan. Analisis hidrolika digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem hidrolika yang sudah ada, seperti memeriksa apakah suatu saluran mampu menampung debit air tertentu atau menganalisis penyebab banjir. Pada penelitian ini analisis hidrolika menggunakan alat bantu software *Hec-Ras*.

Hec-Ras adalah aplikasi yang diberikan secara *freeware* oleh *Hydrologic Engineering Center Us Army*. Aplikasi *Hec-Ras* ini menitik beratkan pada analisa Hidraulika pada sebuah Sungai / River Analysis Sistem. Analisis yang dilakukan oleh *Hec-Ras* adalah analisis Aliran *Steady flow*, *Unsteady flow* dan *Sediment Transport*. Aliran *Steady flow* berfungsi menghitung profil muka air aliran beraturan. Sedangkan *UnSteady Flow* pemodelan ini mampu menstimulasikan aliran tak permanen satu dimensi pada Sungai yang memiliki alur tak beraturan. Sendimen transport mampu menstimulasikan satu dimensi (simulasi perubahan dasar Sungai) akibat gerusan atau deposisi dalam waktu yang cukup Panjang. *Hec-Ras* memiliki fungsi utama untuk memodelkan aliran air disungai dan saluran air. Selain itu *Hec-Ras* dapat juga digunakan untuk:

- a. Menganalisis banjir dan dampaknya.
- b. Memprediksi dan memodelkan debit banjir.
- c. Merencanakan dan mendesain proyek hidrolika, seperti bendungan, tanggul, dan sistem drainase.
- d. Mengevaluasi efek perubahan iklim pada aliran sungai.
- e. Menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan pada aliran sungai.

Saat pertama kali mengaktifkan program *Hec-Ras*, layar utama akan muncul. Pada bagian atas, di bawah judul identitas program, terdapat papan menu (menu bar) yang mencantumkan menu utama *Hec-Ras*: File, Edit, Run, View, Option, dan Help. Seperti halnya program-program aplikasi umumnya, menu utama pada papan menu *Hec-Ras* memiliki beberapa opsi (sub-menu) didalamnya.



Gambar 3. 7 Layar Utama Software Hec-Ras

Sumber: Software Hec-ras

pemahaman pemodelan hidraulik dengan Hec-Ras dapat diperoleh dengan lebih mudah melalui contoh pemakaian Hec-Ras pada kasus yang sangat sederhana. Pada prinsipnya, langkah-langkah pemodelan dengan Hec-Ras terdiri dari lima langkah utama, yaitu:

1. Pembuatan model dengan membuat *file Project*
2. Memasukkan data pengukuran geometri cross section saluran dari toolbar *edit geometric data*
3. Memasukkan data aliran dan syarat batas dari *toolbar steady flow* data untuk saluran terbuka yang memiliki kedalaman air tidak berubah.
4. Hitungan hidraulika aliran dengan mengeksekusi data yang sudah dimasukkan.
5. Presentasi hasil hitungan dengan menampilkan hasil di layar atau mencetaknya.