

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, terutama di daerah yang memiliki curah hujan tinggi dan sistem drainase yang kurang memadai. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), curah hujan di Indonesia cenderung meningkat dalam beberapa tahun terakhir, yang berpotensi meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir. Data menunjukkan bahwa banjir telah menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan dan mengancam keselamatan masyarakat. Oleh karena itu, analisis debit banjir rencana menjadi sangat penting untuk merencanakan mitigasi dan pengelolaan risiko banjir secara efektif.

Debit banjir rancangan memiliki arti yang sangat penting dalam perencanaan bangunan-bangunan hidraulik. Apabila pada daerah tersebut tidak terdapat alat pencatat debit maka debit banjir rancangan dapat ditentukan dengan menggunakan data hujan yang terdapat pada daerah tersebut.

Secara khusus, Kabupaten Rokan Hilir, yang terletak di Provinsi Riau, merupakan salah satu daerah yang rentan terhadap banjir. Sungai Rokan, sebagai salah satu sungai utama di daerah ini, sering mengalami peningkatan debit air yang signifikan saat musim hujan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan dan deforestasi di sekitar sungai berkontribusi terhadap peningkatan risiko banjir. Dengan demikian, penting untuk melakukan analisis yang mendalam mengenai debit banjir rencana di Sungai Rokan

menggunakan perangkat lunak HEC-RAS, yang merupakan alat yang efektif untuk memodelkan aliran sungai dan menganalisis potensi banjir.

Namun, meskipun telah banyak penelitian yang dilakukan mengenai analisis banjir, masih terdapat kesenjangan antara harapan dan kenyataan di lapangan. Banyak daerah yang tidak memiliki data yang akurat mengenai debit banjir, sehingga sulit untuk merencanakan tindakan mitigasi yang tepat. Selain itu, beberapa penelitian sebelumnya hanya fokus pada analisis historis tanpa mempertimbangkan faktor-faktor perubahan iklim dan penggunaan lahan yang dinamis. Hal ini mengakibatkan kurangnya pemahaman yang komprehensif mengenai potensi banjir di daerah tersebut, yang dapat berujung pada kerugian yang lebih besar saat bencana terjadi.

Kesenjangan penelitian sebelumnya terletak pada kurangnya studi yang mengintegrasikan analisis debit banjir rencana dengan model HEC-RAS di Sungai Rokan. Sebagian besar penelitian yang ada lebih fokus pada analisis banjir di daerah lain atau menggunakan metode yang kurang tepat untuk kondisi lokal. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat mengisi celah tersebut dengan memberikan analisis yang lebih akurat dan relevan mengenai debit banjir rencana di Sungai Rokan, serta memberikan rekomendasi untuk pengelolaan risiko banjir yang lebih baik.

Pemilihan topik ini didasari oleh ketertarikan penulis terhadap bidang hidrologi dan pentingnya pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Secara pribadi, penulis merasa bahwa penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi masyarakat yang tinggal di daerah rawan banjir. Secara akademik, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dan memberikan

kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil dan lingkungan.

Harapan dari penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai potensi debit banjir rencana di Sungai Rokan, serta memberikan rekomendasi yang bermanfaat bagi perencanaan dan pengelolaan risiko banjir di Kabupaten Rokan Hilir. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi kebijakan pengelolaan sumber daya air di daerah tersebut, sehingga dapat meningkatkan ketahanan masyarakat terhadap bencana banjir. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada aspek teoritis, tetapi juga pada praktik dan kebijakan yang lebih baik di masa depan.

Bertitik tolak dari hal tersebut maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul : “Analisis Debit Banjir Rencana Menggunakan Software HEC-RAS Pada Sungai Rokan Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau”

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Sungai Rokan mengalami peningkatan debit yang signifikan saat musim hujan sehingga berpotensi meluap dan menimbulkan genangan di wilayah sekitarnya.
2. Ketersediaan data debit banjir yang akurat masih terbatas, sehingga menyulitkan perencanaan mitigasi banjir yang tepat dan efektif.
3. Belum adanya studi spesifik di Sungai Rokan yang fokus pada debit banjir rencana dengan pendekatan HEC-RAS, sehingga informasi teknis untuk mendukung kebijakan pengendalian banjir di Kabupaten Rokan Hilir masih terbatas.

4. Tinggi nya curah hujan meningkatkan risiko terjadi banjir, sementara sistem drainase dan kapasitas sungai sering kali tidak mampu menampung debit aliran.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang diambil berdasarkan identifikasi masalah adalah :

1. Berapakah besar debit banjir rencana pada Sungai Rokan di Kabupaten Rokan Hilir untuk berbagai periode ulang 2 tahun hingga 100 tahun.
2. Bagaimana kapasitas penampang Sungai Rokan dalam menampung debit banjir rencana tersebut berdasarkan hasil simulasi hidraulika?
3. Bagaimana hasil pemodelan aliran Sungai Rokan menggunakan software HEC-RAS (*1D Steady Flow*) dalam menggambarkan profil muka air dan potensi genangan banjir?

### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian dibatasi pada segmen Sungai Rokan yang berada di wilayah administratif Ujung Tanjung, Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau.
2. Analisis hidrologi difokuskan pada perhitungan debit banjir rencana menggunakan data curah hujan dan metode analisis distribusi frekuensi, dengan periode ulang 2 tahun hingga 100 tahun.
3. Pemodelan hidraulika dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS, dengan pendekatan aliran satu dimensi (*1D Steady Flow*) untuk mensimulasikan profil muka air.

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang dibahas dalam penyusunan Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

1. Menentukan debit banjir rencana pada Sungai Rokan untuk berbagai periode ulang (Q2, Q5, Q10, Q25, Q50, dan Q100)
2. Menganalisis kapasitas penampang Sungai Rokan dalam menampung debit banjir rencana sehingga dapat diketahui segmen sungai yang berpotensi mengalami luapan.
3. Melakukan pemodelan hidraulika menggunakan software HEC-RAS (1D *Steady Flow*) pada Sungai Rokan.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian yang diharapkan penulis ini adalah :

1. Memberikan informasi teknis mengenai debit banjir rencana di Sungai Rokan.
2. Menjadi acuan bagi instansi terkait dalam perencanaan pengendalian banjir dan pembangunan infrastruktur
3. Meningkatkan pemahaman masyarakat dan pemerintah daerah tentang potensi bahaya banjir serta mitigasinya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Tia Mutia (2016) dengan judul “*Analisis Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 4.1.0 (Study Kasus Sub-DAS Ciberang HM 0+00 – HM 34+00)*” bertujuan untuk mengetahui besarnya debit banjir Sungai Ciberang dengan Q50 dan mengidentifikasi daerah rawan banjir serta memberikan solusi masalah banjir yang terjadi di Sungai Ciberang. Dari hasil penelitian ini didapat debit banjir Sungai Ciberang dengan kala ulang 50 tahun adalah 1228,162 m<sup>3</sup>/detik. Kondisi eksisting Sungai Ciberang dengan debit kala ulang 50 tahun tidak dapat menampung debit yang direncanakan. Setelah dilakukan normalisasi sungai dan peninggian tanggul bahwa Sungai Ciberang mampu menampung debit banjir kala ulang 50 tahun dengan penurunan muka air yang terjadi rata-rata sebesar 10.25% dan kenaikan debit rata-rata sebesar 10.49%.

Penelitian oleh Muhammad Debby Rizani, Ikhwanudin, Nafiz Nurchamin, Mohammad Ridwan (2023) dengan judul “*Analisa Debit Banjir Rencana Pada Aliran Sungai Banger Di Wilayah Kota Semarang*” yang meneliti tentang debit maksimum dan kapasitas Sungai Banger dalam menampung banjir rencana. Penelitian dilakukan menggunakan metode distribusi. Setelah melakukan Analisa hidrolika pada aliran Sungai Banger dengan rentang kurang lebih 3.5 Km didapat hasil dari perhitungan dengan metode terpilih yaitu metode rasional didapatkan Q<sub>max</sub> atau debit maksimum sebesar 95.184 m<sup>3</sup>/det. Hasil dari simulasi HEC-RAS menunjukkan debit banjir rencana Sungai Banger yaitu sebesar 199 m<sup>3</sup>/detik, sehingga realitanya Sungai Banger tidak dapat menampung debit banjir rencana.

Solusi dari permasalahan banjir dari Sungai Banger adalah dengan menormalisasikan sungai, meninggikan tanggul, dan juga memberikan peraturan agar masyarakat tidak buang sampah di sungai.

Penelitian selanjutnya berjudul “*Pemodelan Luapan Banjir DAS Lukulo Menggunakan Aplikasi HEC-RAS*” (Studi Kasus: Kabupaten Kebumen). (Syahrul Bashori (2024), metode yang digunakan untuk menentukan debit banjir rancangan dalam penelitian ini adalah metode HSS Nakayasu. Tahapan yang dilakukan adalah melakukan pemodelan genangan banjir menggunakan program HEC-RAS 2D, program ini akan menghasilkan peta genangan dengan input yaitu debit maksimum banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit maksimum yang dihasilkan dari debit rancangan dan tinggi muka air banjir terparah selama 2,5,10,25,50 dan 100 tahun yang akan datang. Hasil dari pemodelan yang dilakukan pada DAS Lukulo, berdasarkan hasil perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik didapat nilai yang dihasilkan dari debit puncak adalah sebesar 920,602 m<sup>3</sup>/detik/mm untuk kala ulang 2 tahun, 1152,163 m<sup>3</sup>/detik/mm untuk kala ulang 5 tahun, 1305,423 m<sup>3</sup>/detik/mm untuk kala ulang 10 tahun, 1499,089 m<sup>3</sup>/detik/mm untuk kala ulang 25 tahun, 1642,356 m<sup>3</sup>/detik/mm untuk kala ulang 50 tahun, dan 1785,356 m<sup>3</sup>/detik/mm untuk kala ulang 100 tahun. Berdasarkan hasil pemodelan HEC-RAS diperoleh tinggi muka air maksimum pada periode 2 tahun yaitu 7,34 m, periode 5 tahun setinggi 7,54, periode 10 tahun.

Penelitian oleh Fatturahman Iskandarsyah Harahap berjudul “*Analisis Banjir Sungai Menggunakan Software HEC-RAS (Studi Kasus Kali Angke)*” (2024). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit maksimum yang dihasilkan dari analisis hidrologi dengan kala ulang 2 hingga 100 tahun dan tinggi

muka air banjir. Berdasarkan hasil perhitungan hidrologi, diperoleh debit banjir rencana sebesar 18,835 m<sup>3</sup>/detik, 24,228 m<sup>3</sup>/detik, 27,331 m<sup>3</sup>/detik, 30,833 m<sup>3</sup>/detik, 33,187 m<sup>3</sup>/detik, dan 35,347 m<sup>3</sup>/detik dari masing-masing kala ulang. Kemudian setelah dilakukan analisis menggunakan software HEC-RAS, diperoleh tinggi muka air banjir pada Kali Angke untuk kala ulang 25 tahun adalah 0,45 m di atas permukaan sungai, untuk kala ulang 50 tahun adalah 0,53 m di atas permukaan sungai, dan untuk kala ulang 100 tahun adalah 0,57 m di atas permukaan sungai.

Penelitian dari Ilham Ardiyansah yang berjudul “*Analisis Kinerja Saluran Dengan Simulasi HEC-RAS (Studi Kasus Desa Air Putih, Kecamatan Bengkalis)*” (2025). Bertujuan mengetahui besar debit banjir rancangan di Desa Air Putih dengan kala ulang 5 dan 10 tahun dan mengetahui sebaran daerah yang terdampak banjir akibat luapan sungai dan saluran drainase dengan simulasi HEC-RAS. Berdasarkan hasil analisis hidrologi yang telah dilakukan, diperoleh besaran debit banjir rencana yaitu: dalam kala ulang 5 tahun 69,43 m<sup>3</sup>/detik dan dalam kala ulang 10 tahun 80,64 m<sup>3</sup>/detik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kala ulang 5 tahun, ketinggian muka air mencapai 0,88 m, sedangkan elevasi tebing sungai berada pada 1,2 m, sehingga muka air masih berada di bawah elevasi tebing. Sementara itu, pada kala ulang 10 tahun, ketinggian muka air tercatat 0,92 m, dengan elevasi tebing sungai sebesar 1,3 m. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada kedua scenario kala ulang penampang drainase masih mampu menampung debit banjir yang terjadi, tanpa menyebabkan limpasan ke area sekitarnya.

## 2.2 Air

Air adalah zat yang paling penting dalam kehidupan setelah udara. Sekitar tiga per empat bagian dari tubuh kita terdiri dari air dan tidak seorang pun dapat bertahan hidup lebih dari 4-5 hari tanpa minum air. Selain itu, air juga dipergunakan untuk memasak, mencuci, mandi, dan membersihkan kotoran yang ada disekitar rumah. Air juga digunakan untuk keperluan industry, pertanian, pemadam kebakaran, tempat rekreasi, transportasi, dan lain-lain (Chandra,2007).

Menurut Indarto (2010) dalam Udayani (2018) Air dapat berwujud padatan (es). Cairan (air) dan gas (uap air). Air merupakan satu-satunya zat yang secara alami terdapat di permukaan bumi dalam ketiga wujudnya tersebut. Air adalah substansi kimia dengan rumus  $H_2O$ , satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar. Menurut Oviautri,(2011), air merupakan bagian dari kehidupan kita , diantaranya dimanfaatkan untuk berbagai keperluan.

rumah tangga, menjaga kesehatan, dan untuk kelangsungan hidup. Meskipun sumber daya air secara geofisik dikatakan melimpah, hanya Sebagian kecil saja yang bisa dimanfaatkan secara langsung. Seiring bertambahnya penduduk dan eskalasi semakin kritisnya suplai air, sementara permintaan terus meningkat. Karena air merupakan salah satu kebutuhan vital manusia, sehingga ketersediaan dan keberadaan sumber mestinya dapat dijaga dan terhindar dari pencemaran. Sumber air menurut Sumantri (2013) air yang berada di permukaan bumi ini dapat berasal dari berbagai sumber. Berdasarkan letak sumber nya, air dapat dibagi menjadi air angkasa (hujan, air permukaan, dan air tanah).

### 2.3 Siklus Hidrologi

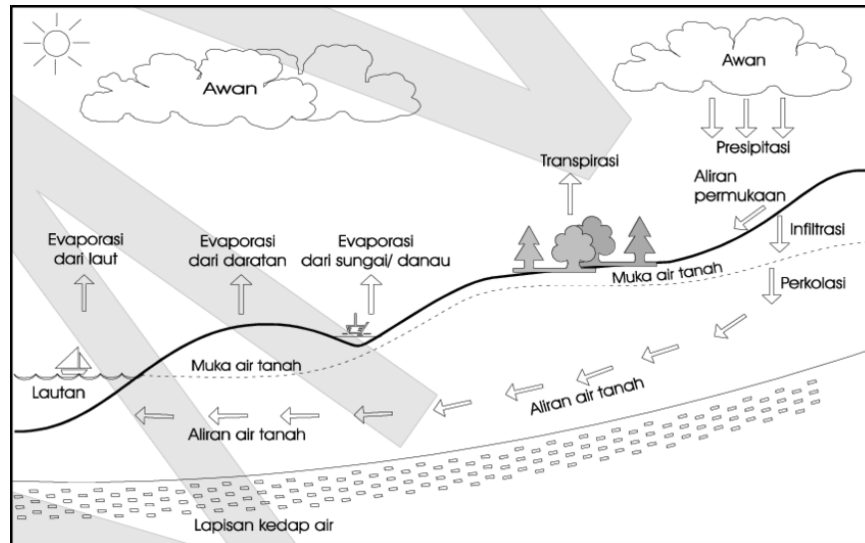
Berdasarkan CD Soemarto (1995), Hidrologi adalah ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam kit aini, yang meliputi berbagai bentuk air, yang menyangkut perubahan-perubahannya antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, diatas dan dibawah permukaan tanah. Menurut Sri Harto (1990), secara umum, hidrologi dimaksudkan sebagai ilmu yang menyangkut masalah air.

Pada pertemuan *International Association of Scientific Hidrology* di Zurich (1938), Hidrologi dibagi menjadi antara 3 lain:

1. *Patomology*, berhubungan dengan sungai.
2. *Cryology*, berhubungan dengan salju.
3. *Limnology*, berhubungan dengan danau.

Siklus hidrologi merupakan gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan bumi lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi yang lain, dan akhirnya mengalir ke laut. Hal-hal penting yang perlu diketahui berkaitan dengan siklus hidrologi:

1. Dapat berupa siklus pendek, yaitu dari hujan, menuju laut/danau/sungai kemudian menuju laut lagi.
2. Terjadinya tidak ada keseragaman waktu.
3. Intensitas dan frekuensinya bergantung pada geografi dan iklim (hal ini berkaitan dengan letak matahari yang berubah sepanjang tahun).
4. Berbagai bagian siklus sangat kompleks. Secara sederhana siklus hidrologi dapat ditunjukkan seperti gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Sumber: Soemarto, 1987

Sedangkan siklus hidrologi panjang dimulai dari air laut menguap → terjadilah awan → didesak oleh angin → terjadilah hujan (salju) → terjadilah limpasan yang sebagian terinfiltrasi → lalu mengalami perkolasi → kemudian kembali ke sungai (laut) lagi. Dengan demikian ada 4 proses dalam siklus hidrologi, yaitu presipitasi, evaporasi, infiltrasi dan limpasan permukaan air tanah. Dalam pembangunan sumber daya air, estimasi volume air itu merupakan hal yang sangat penting karena merupakan dasar perencanaan dan pengoperasian sistem sumber daya air. Proyek sumber daya air sederhana meliputi: Suplesi air, untuk irigasi, industri, air minum, dan lain-lain. Untuk pengendalian banjir, yang memerlukan desain parameter. Sedangkan untuk suplesi air dilakukan analisa debit andalan. Para teknisi mempunyai kepentingan untuk, mengatur aliran sungai, pembuatan waduk-waduk, dan pembuatan saluran-saluran irigasi. Untuk keperluan tersebut diperlukan ilmu-ilmu yang menunjang antara lain Matematika, Ilmu Alam, Statistika, Meteorologi, Oceanografi, Geografi, Geologi, Geomorfologi, dan Hidrolika. Selain itu

mempunyai pengalaman di bidang Kehutanan, Pertanian, Biologi, dan Botani (Limantara. 2010;-3).

#### **2.4 Daerah Aliran Sungai**

Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografi dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (SNI 2415, 2016:1).

Ada beberapa istilah yang dipakai dalam unsur-unsur aliran sungai seperti debit, limpasan, limpasan permukaan, limpasan bawah permukaan, limpasan bulanan, limpasan tahunan, hidrograf, aliran dasar, waktu konsentrasi, kurva massa, stage hidrograf.

Debit merupakan volume air per-satuan waktu, yang berada pada sungai, pipa, pelimpah, akuifer dll. Limpasan, merupakan air yang keluar dari outlet. Limpasan permukaan, merupakan limpasan yang lewat atas permukaan tanah. Limpasan bawah permukaan, limpasan yang lewat bawah permukaan tanah, kemudian menuju outlet, dan akhirnya keluar sebagai aliran limpasan bulanan. Hidrograf merupakan hubungan aliran dan waktu (bisa berupa *stage* atau *discharge hydrograph*). Aliran dasar, merupakan debit minimum di sungai, yang menandakan ada aliran akuifer.

Waktu konsentrasi, merupakan waktu yang perlu diperhatikan dari titik terjauh DAS untuk mencapai outlet atau stasiun pengukuran debit. Kurva massa, merupakan grafik aliran kumulatif terhadap waktu. Stage hydrograph, merupakan

hidrograf pengamatan. Discharge hydrograph, merupakan rating curve (hidrograf debit), yang di ubah dari stage hydrograph. (Limantara, 2010:101).

#### **2.4.1 Sungai**

Suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, dimana air akan mengalir melalui sungai dan anak sungai disebut daerah aliran sungai (DAS). Sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu menuju hilir.

Fungsi pokok sungai adalah untuk mengalirkan kelebihan air permukaan tanah, sedangkan fungsi lainnya adalah dapat digunakan untuk kesejahteraan manusia, seperti sumber air minum, PLTA, pengairan, transportasi air, untuk meninggikan tanah yang rendah dan mengatur suhu tanah. Menurut peraturan perundang-undangan yang ada, fungsi sungai adalah:

Sungai harus dilindungi dan dijaga kelestariannya ditingkatkan fungsi dan pemanfaatannya, dikendalikan daya rusak terhadap lingkungan (Kurniawan, 2012).

- a. Sungai sebagai sumber air yang merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai fungsi serba guna bagi kehidupan manusia.
- b. Sungai sebagai sumber air yang merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai fungsi serta guna bagi kehidupan manusia.

#### **2.5 Debit Rencana**

Debit banjir rencana adalah debit maksimum dari suatu sungai, atau saluran yang besarnya didasarkan/terkait dengan periode ulang tertentu. Atau Debit banjir rencana adalah debit dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan melalui suatu sungai atau bangunan air. Periode ulang adalah waktu hipotetik dimana suatu kejadian dengan nilai tertentu, debit rencana misalnya, akan disamai

atau dilampaui 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut. Hal ini tidak berarti bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap periode ulang tersebut (Kamiana, 2011:13)

Agar dalam tahapan pelaksanaan proyek konstruksi bangunan sipil dapat berjalan lancar dan hasilnya dapat memberikan manfaat yang seoptimal mungkin maka salah satu tahapan kegiatan yang dilakukan adalah tahapan perencanaan teknis.

Perencanaan teknis suatu bangunan air dapat ditinjau dari berapa aspek, diantaranya aspek struktur dan aspek hidrolis. Perencanaan dari aspek struktur dimaksudkan agar bangunan air kokoh terhadap gaya-gaya yang bekerja. Perencanaan dari aspek hidrolis dimaksudkan agar bangunan air mampu mengalirkan debit tertentu dengan aman tanpa menimbulkan kerusakan pada bangunan air yang bersangkutan.

Beberapa data yang diperlukan perencanaan bangunan air dari aspek hidrolis adalah: data karakteristik daerah pengaliran (data topografi dan data tata guna lahan), data iklim, data curah hujan, dan data debit. Data tersebut selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan debit rencana.

Besar kecilnya nilai debit rencana akan menentukan besar kecilnya dimensi hidrolis suatu bangunan air. Dimensi hidrolis suatu bangunan air yang lebih besar akan lebih aman dalam mengalirkan debit tertentu, namun dimensi yang lebih besar akan berdampak pada biaya yang lebih mahal atau melampaui batas-batas ekonomis yang dapat dipertanggung jawabkan.

Sebaliknya dimensi hidrolis bangunan air yang lebih kecil akan menjadi kurang aman dalam mengalirkan debit tertentu. Oleh karena itu, perhitungan debit

rencana menjadi bagian yang sangat penting dalam tahap perencanaan teknis. Metode perhitungan debit rencana cukup beragam sesuai dengan ketersediaan data (Kamiana, 2011:3-4)

## 2.6 Metode Perhitungan Rencana

Penetapan masing-masing metode dalam perhitungan debit rencana, secara umum bergantung pada ketersediaan data. Data yang dimaksud antara lain data hujan. Karakteristik daerah aliran, dan data debit. Dalam analisis frekuensi data hidrologi, baik data hujan maupun data debit sungai terbukti bahwa sangat jarang data sesuai dengan distribusi Normal, Gama berparameter II, Log Guembel dan Hazen. Sebaliknya, sebagian besar data hidrologi sesuai dengan 3 distribusi yang lainnya. Masing-masing distribusi mempunyai sifat sifat khas tersendiri, dengan demikian setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing distribusi tersebut. Pemilihan distribusi yang tidak benar dapat mengakibatkan (Limantara 2010:55):

1. Estimasi terlalu tinggi (*over-estimated*)
2. Estimasi terlalu rendah (*under-estimated*).

Ditinjau dari ketersediaan data hujan, karakteristik daerah aliran, dan data debit, terdapat 6 kelompok metode perhitungan debit rencana, yaitu:

1. Metode Analisis Probabilitas Frekuensi Debit Banjir.

Metode ini dipergunakan apabila data debit tersedia cukup Panjang (>20 tahun), sehingga analisisnya dapat dilakukan dengan distribusi probabilitas, baik secara analitis maupun grafis. Sebagai contoh distribusi probabilitas yang dimaksud adalah:

- Distribusi probabilitas Gumbel.

- Distribusi Log Pearson
- Distribusi probabilitas Log Normal

## 2. Metode Analisis Regional

Apabila data debit yang tersedia <20 tahun dan >10 tahun maka debit rencana dapat di hitung dengan metode analisis regional. Data debit yang dimaksud dapat dari berbagai daerah pengaliran yang ada tetapi masih dalam satu regional. Prinsip dari metode analisis regional adalah dalam upaya memperoleh lengkung frekuensi banjir regional adalah untuk menentukan besarnya debit rencana pada suatu daerah pengaliran yang tidak memiliki data debit.

## 3. Metode Puncak Banjir Diatas Ambang.

Metode ini di pergunakan apabila data debit yang tersedia antara 3-10 tahun. Metode ini berdasarkan pengambilan puncak banjir dalam selang 1 tahun di atas ambang tertentu dan hanya cocok untuk data yang di dapat dari pos duga air otomatis.

## 4. Metode Empiris

Metode ini dipergunakan apabila data hujan dan karakteristik daerah aliran tersedia. Contoh metode yang termasuk dalam kelompok metode ini adalah:

- Metode Rasional
- Metode Weduwen
- Metode Hasper
- Metode Melchior
- Metode Hidrograf Satuan

## 5. Metode Analisis Regresi.

Metode ini menggunakan persamaan-persamaan regresi yang dihasilkan *Institute of Hydrology (IoH)* dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, yaitu didapat dari data hujan dan karakteristik daerah pengaliran sungai (DPS), selanjutnya untuk banjir dengan periode ulang tertentu digunakan lengkung analisis regional.

## 6. Model Matematik

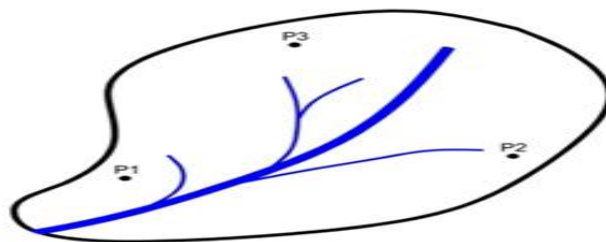
Model ini dipergunakan apabila selang waktu pengamatan data hujan lebih panjang dari pada pengamatan data debit, selanjutnya untuk memperpanjang data aliran yang ada digunakan model matematika kemudian besar debit banjir rencana di hitung dengan analisis frekuensi atau menggunakan distribusi probabilitas, contohnya : Gumbel, Log Pearson, dan Log Normal (Kamiana, 2011 :10-11).

### 2.7 Analisa Curah Hujan Kawasan

Metode yang digunakan untuk merata-rata curah hujan pada suatu DAS adalah metode Aritmatik, Thiessen, Isohyet, dijelaskan sebagai berikut:

#### 2.7.1 Metode Aritmatik

Metode Aritmatik hitung ditentukan dengan cara menjumlahkan tinggi hujan dari semua tempat pengukuran selama periode tertentu, dibagi dengan jumlah pos pengukuran. Metode ini sebaiknya dipakai pada daerah yang datar, pos hujan banyak dan sifat hujannya merata, digunakan persamaan:



Gambar 2.2 Luasan Metode Aritmatika  
Sumber: Riandi Ashab Adam, 2019

$$d = \frac{p_1+p_2+p_3...p_n}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

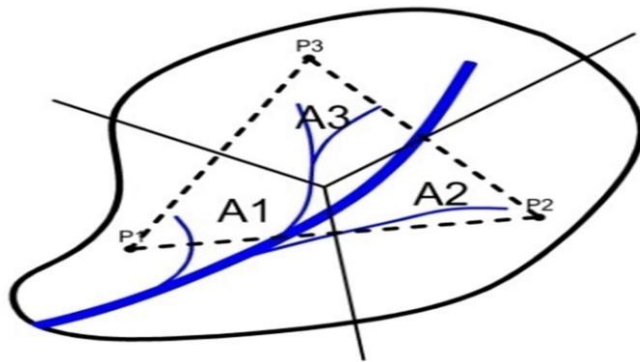
Keterangan rumus :

- p = Hujan rata-rata kawasan
- p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, p<sub>3</sub> ..., p<sub>n</sub> = Hujan di stasiun 1,2,3, ..., n
- n = Jumlah stasiun

**2.7.2 Metode Poligon Thiessen**

Metode Thiessen ditentukan dengan cara membuat polygon antar pos hujan pada suatu wilayah DAS kemudian tinggi hujan rata-rata daerah dihitung dari jumlah perkalian antara tiap-tiap luas polygon dan tinggi hujannya dibagi dengan luas seluruh DAS (SNI 2415, 2016:64).

Metode ini cocok untuk menentukan tinggi hujan rata-rata, apabila pos hujannya tidak merata, digunakan persamaan:



Gambar 2.3 Luasan Metode Thiessen  
Sumber Riandi Ashab Adam, 2019

$$d = \frac{A_1p_1+A_2p_2+...+A_n p_n}{A_1 + A_2+...+ A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

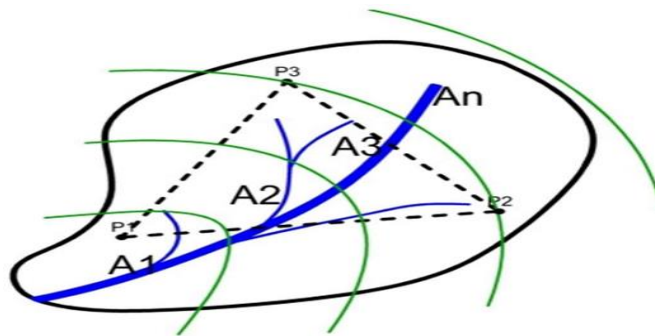
Keterangan Rumus :

- P = Hujan rata-rata kawasan
- p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, ..., p<sub>n</sub> = Hujan pada stasiun 1,2, ..., n
- A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ... A<sub>n</sub> = Luas daerah yang mewakili stasiun 1,2, ..., n

### 2.7.3 Metode Isohyet

Metode isohyet ditentukan dengan cara menggunakan peta garis kontur tinggi hujan suatu daerah dan tinggi hujan rata-rata DAS dihitung dari jumlah perkalian tinggi hujan rata-rata diantara garis isohyet dengan luas antara kedua garis isohyet tersebut, dibagi luas seluruh DAS (SNI 2415, 2016: 65).

Metode ini cocok untuk daerah pegunungan dan yang berbukit-bukit, digunakan persamaan:



Gambar 2.4 Luasan Metode Isohyet

Sumber: Riandi Ashab Adam, 2019

$$P = \frac{A_1 \frac{I_1+I_2}{2} + A_2 \frac{I_2+I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n+I_{n+1}}{2}}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan rumus :

P = Hujan rata-rata kawasan

I1, I2, ..., pn = Garis Isohyet n 1, 2, ..., n

A1, A2 ... An = Luas daerah yang dibatasi oleh garis Isohyet ke 1 dan 2, 2 dan 3, ..., n dan + 1

## 2.8 Hujan Rencana Dan Intensitasnya

### 2.8.1 Pengertian Hujan Rencana

Metode Rencana (Xt) adalah hujan dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan terjadi di suatu daerah pengaliran.

Periode ulang adalah waktu hipotetik dimana suatu kejadian dengan nilai tertentu, hujan rencana misalnya, akan disamai atau dilampaui 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut. Hal ini tidak berarti bahwa hujan rencana akan berulang secara teratur setiap periode ulang tersebut. Artinya dalam periode ulang tahun tertentu ada kemungkinan 1 kali terjadi hujan yang besarnya sama atau lebih dari hujan rencana.

Peluang terjadinya  $X \geq X_t$  setiap tahun dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P(X \geq X_t) \frac{1}{P} 100 \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan P = peluang (%); T = periode ulang (tahun); X= hujan (mm);  $X_t$  = hujan rencana dengan periode ulang T (mm).

Peluang  $X < X_t$  setiap tahun dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P(X < X_t) (1 - \frac{1}{P} 100) \dots\dots\dots(2.5)$$

Risiko atau peluang  $X \geq X_t$  paling tidak 1 kali dalam rentang n tahun berurutan adalah:

$$P(X \geq X_t) 1 - (1 - \frac{1}{P} 100)^n \dots\dots\dots(2.6)$$

Besarnya hujan rencana ditentukan berdasarkan analisis frekuensi atau distribusi probabilitas (peluang) (Kamiana, 2011:13-14).

### 2.8.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrem (maksimum atau minimum) dan frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas (Kamiana, 2011:14).

Analisis frekuensi bukan untuk menentukan besarnya debit aliran sungai pada suatu saat, tetapi lebih tepat untuk memperkirakan apakah debit aliran sungai tersebut akan melampaui atau menyamai suatu harga tertentu misalnya untuk 10 tahun, 20

tahun dst yang akan datang. Dalam hidrologi, analisis tersebut dipakai untuk menentukan besarnya hujan dan debit banjir rancangan (*design flood*) dengan kala ulang tertentu.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam analisis frekuensi aliran:

1. Penetapan banjir rancangan untuk perancangan bangunan-bangunan hidraulik dapat dilakukan dengan berbagai cara. Hal ini bergantung pada ketersediaan data.
2. Makin banyak data yang tersedia (baik secara kualitatif maupun kuantitatif) akan memberikan kemungkinan-kemungkinan penggunaan cara analisis dapat memberikan perkiraan yang lebih baik.

Hubungan antara besarnya kejadian ekstrem dan frekuensi nya atau peluang kejadiannya adalah berbanding terbalik. Dengan kata lain dapat dirumuskan:

$$X = \frac{1}{P} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan Rumus :

X = besarnya suatu kejadian.

P = frekuensi atau peluang suatu kejadian

Berdasarkan persamaan (2.4), dapat dilihat bahwa nilai X akan makin besar jika nilai P makin kecil. Artinya, misalkan X adalah hujan, makin besar curah hujan maka frekuensi kejadiannya makin kecil. Atau frekuensi hujan sangat lebat adalah lebih kecil dibandingkan dengan frekuensi hujan yang bukan lebat.

Dalam analisis frekuensi suatu kejadian (hujan atau debit) diperlukan seri data (hujan atau debit) selama beberapa tahun. Pengambilan seri data untuk tujuan analisis frekuensi dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu :

- a. Seri parsial (partial duration series)

Metode ini digunakan apabila data yang tersedia kurang dari 10 tahun runtuk waktu. Dalam metode ini, ditetapkan dulu batas bawah suatu seri data. Kemudian semua besaran data yang lebih besar dari batas bawah tersebut diambil menjadi bagian seri data.

Pengambilan batas bawah dapat dilakukan dengan system peringkat. Caranya adalah dengan mengambil semua besaran data yang cukup besar kemudian diurut dari besar ke kecil. Data yang diambil untuk kepentingan analisi adalah sesuai dengan panjang data dan diambil dari besaran yang paling besar.

Akibat dari metode pengambilan seri data seri parsial adalah dimungkinkannya dalam satu tahun diambil data lebih dari satu, sementara pada tahun yang lain tidak ada data yang diambil karena data yang tersedia dibawah batas bawah.

#### b. Data Maksimum Tahunan (*Annual Maximum Series*)

Metode ini digunakan apabila data yang tersedia lebih dari 10 tahun runtut waktu. Dalam metode ini, hanya data maksimum yang diambil untuk setiap tahunnya, atau hanya ada 1 data setiap tahun.

Akibat dari metode pengambilan seri data maksimum tahunan adalah data terbesar ke dua dalam satu tahun yang lebih besar nilainya dari data terbesar tahun yang lain menjadi tidak diperhitungkan dalam analisis (Kamiana, 2011:15-16).

### **2.8.3 Distribusi Probabilitas**

Dalam analisis Frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan, yaitu : Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Type III (Kamiana, 2011:26 27).

Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti pada Tabel (2.1).

Tabel 2.1 Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_S=1,14$ $C_K = 5,4$
2	Normal	$C_S = 0$ $C_K = 3$
3	Log Normal	$C_S = C_V^3 + 3C_V = 0,90$ $C_K = C_V^8 + 6C_V^6 + 15C_V^4 + 16C_V^2 + 3 = 4,48$
4	Log Pearson III	Selain nilai dari diatas

Sumber: Triatmodjo (2008)

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

- Tendensi sentral:  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots(2.8)$

Keterangan:

$\bar{x}$  : rata-rata

$x_i$ : variable random

$n$  : jumlah data

- Standar deviasi:  $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.9)$

Keterangan:

$s$  : Standar deviasi curah hujan

$x_i$  : Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke  $i$

$\bar{x}$  : Rata-rata curah hujan

$n$  : Jumlah total data curah hujan

$n - 1$  : jumlah data dikurangi 1

- Koefisien variasi:  $Cv = \frac{sd}{x} \dots\dots\dots(2.10)$

Keterangan:

sd : Standar deviasi

$x$  : Rata-rata curah hujan

Cv: nilai rata-rata curah hujan

- Koefisien kemencengan:  $a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \dots\dots\dots(2.11)$

Keterangan:

$n$  : jumlah data curah hujan

$a$  : parameter kemencengan

$x_i$ : curah hujan ke  $i$

$\bar{x}$  : nilai rata-rata dari curah hujan

- Koefisien kurtosis:  $c = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \dots\dots\dots(2.12)$

Keterangan:

$\bar{x}$  : nilai rata-rata curah hujan

$x_i$  : nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke  $i$

$N$  : jumlah data curah hujan

#### 2.8.4 Distribusi Gumbel

Jika data hujan yang dipergunakan dalam perhitungan adalah berupa sampel (populasi terbatas), maka perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Gumbel dilakukan dengan rumus-rumus berikut (Kamiana, 2011: 28).

Tabel 2.2 Tabel Sn dan Yn

n	Sn	Yn
10	0,9497	0,4952
20	1,0210	0,5128
25	1,0630	0,5236
30	1,1120	0,5390
35	1,1280	0,5403
40	1,1410	0,5436
45	1,1520	0,5463
50	1,1610	0,5485
60	1,1750	0,5521
70	1,1850	0,5548
80	1,1940	0,5567
90	1,2010	0,5586
100	1,2060	0,5600
200	1,2360	0,5672
500	1,2590	0,5724
1000	1,2690	0,5745

Sumber: Soemarto (1987)

Tabel 2.3 Tabel Nilai t

Periode Ulang T (Tahun)	T
2	0,3065
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
25	3,1255
50	3,9019
100	4,6001

Sumber: Soemarto (1987)

Perhitungan dengan Metode Gumbel:

1. Hitung standar deviasi (Sx):

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_r)^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

Sx: Standar deviasi

Xi: Data curah hujan atau debit maksimum pada setiap tahun

Xr: Nilai rata-rata dari data Xi

n : Jumlah data (jumlah tahun)

2. Hitung nilai *Reduced Variate* (Yt):

$$Y_t = \frac{1n(1n(1))}{(1-P)} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

P : Probabilitas kejadian, dihitung dari  $P = \frac{1}{T}$

T : Periode ulang ( misalnya 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun)

ln: Logaritma natural

3. Hitung nilai faktor frekuensi (K):

$$K = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

K : Faktor frekuensi

Y<sub>t</sub>: Nilai *reduced variate* dari langkah sebelumnya

Y<sub>n</sub>: Harga rata-rata *reduced variate* (nilai table Gumbel berdasarkan jumlah data n)

S<sub>n</sub>: *Reduced standar deviation* (nilai table Gumbel berdasarkan jumlah data n)

4. Hitung hujan rencana (X<sub>t</sub>) :

$$X_t = X_r + K \times S_x \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

X<sub>t</sub>: Curah hujan atau debit rencana untuk periode ulang T

X<sub>r</sub>: Rata-rata curah hujan atau debit

K : Faktor frekuensi

S<sub>x</sub>: Standar deviasi

## 2.9 Distribusi Probabilitas Normal

Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Normal, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus-rumus berikut (Kamiana, 2011:30).

Tabel 2.4 Tabel Nilai Variabel reduksi Gauss

No	Periode ulang, T (Tahun)	
1	1,001	-3,05
2	1,005	-2,58
3	1,010	-2,33
4	1,050	-1,64
5	1,110	-1,28
6	1,250	-0,84
7	1,330	-0,67
8	1,430	-0,52
9	1,670	-0,25
10	2,000	0
11	2,500	0,25
12	3,330	0,52
13	4,000	0,67
14	5,000	0,84
15	10,000	1,28
16	20,000	1,64
17	50,000	2,05
18	100,000	2,33
19	200,000	2,58
20	500,000	2,88
21	1000,000	3,09

Sumber : Suripin (2004)

$$X_T = \bar{X} + K_T S \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan rumus:

$X_T$  = yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T

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

$S$  = Deviasi standar nilai variat

$K_T$  = Faktor frekuensi, nilainya bergantung dari T (Tabel 2.4)

### 2.10 Distribusi Probabilitas Log Normal

Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Log Normal, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus-rumus berikut (Kamiana, 2011:31).

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan rumus:

$Y_T$  = Perkiraan nilai diharapkan terjadi dengan periode ulang T

$\bar{Y}$  = Nilai rata-rata hitung variat

$S$  = Deviasi standar nilai variat

$K_T$  = Faktor frekuensi

### 2.11 Distribusi Probabilitas Log Person Type III

Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus-rumus berikut (Kamiana, 2011:33-34).

Tabel 2.5 Nilai KT Distribusi Log Pearson III

Kala Ulang (tahun)								
	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	100
CS	Persentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.000	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.800	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.600	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889
2.400	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.923	3.800
2.200	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.000	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.192	3.605
1.800	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.600	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.400	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.200	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.656	3.149
1.000	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.800	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	2.453	2.453	2.891
0.600	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.400	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.200	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.000	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.051	2.326
-0.200	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.400	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.600	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.800	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.000	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.200	-2.149	-0.758	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.400	-2.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.600	-2.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.800	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.000	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.200	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.400	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.832	0.830	0.832
-2.600	-3.889	-0.490	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.796
-2.800	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.000	-7.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667

Sumber: Kamiana (2011)

Penggunaan distribusi Log Pearson III:

a. Ubah data ke dalam bentuk logaritmis  $y = \log x$  :

b. Menghitung harga rata-rata :

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y}{n} \dots\dots\dots(2.19)$$

c. Menghitung standar deviasi (s) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.20)$$

d. Menghitung skewness (Cs) :

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots(2.21)$$

e. Menghitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K.s \dots\dots\dots(2.22)$$

Dengan :

$X_T$  = Curah hujan kala ulang T tahun

K = Variabel standar yang ditentukan oleh besarnya Cs

### 2.12 Uji Distribusi Probabilitas Metode Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov adalah uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horizontal untuk mengetahui suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak. Uji Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non parametric, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data, antara sebaran empiris dan sebaran teoritis, yang dinyatakan dalam  $\Delta$  (Limantara, 2010:64).

Pengujian distribusi probabilitas dengan Metode Smirnov-Kolmogrov dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Tentukan Hipotesis

$H_0$  (Hipotesis nol): Data mengikuti distribusi yang diuji.

$H_1$  (Hipotesis alternatif): Data tidak mengikuti distribusi teoritis.

2. Urutkan data dari kecil hingga besar, susun semua data sampel secara menaik
3. Hitung Fungsi Distribusi Kumulatif Empiris

$$F_e(X_i) = \frac{i}{n} \dots\dots\dots(2.23)$$

4. Hitung Fungsi Distribusi Kumulatif Teoritis,

Gunakan distribusi teoritis yang diuji misalnya distribusi Normal, maka

$$F_t(X_i) = P(Z \leq \frac{X_i - \bar{X}}{S}) \dots\dots\dots(2.24)$$

Dengan:

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

S = simpangan baku sampel

5. Hitung Nilai Selisih Maksimum (D)

Hitung selisih absolut antara fungsi empiris dan teoritis untuk setiap titik data:

$$D = \max | F_e(X_i) - F_t(X_i) | \dots\dots\dots(2.25)$$

6. Tentukan Nilai Kritis

Nilai kritis dapat diperoleh dari tabel Kolmogrov-Smirnov berdasarkan jumlah data (n) dan tingkat signifikan ( $\alpha$ ) biasanya  $\alpha = 0,05$ .

Untuk  $n > 35$ , pendekatannya adalah:

$$D_{\text{tabel}} = \frac{1.36}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(2.26)$$

7. Keputusan Uji

Jika  $D_{hitung} < D_{tabel}$ , maka terima  $H_0$  data mengikuti distribusi teoritis.

Jika  $D_{hitung} > D_{tabel}$ , maka tolak  $H_0$  data tidak mengikuti distribusi teoritis.

## 8. Interpretasi Hasil

Simpulkan apakah data sesuai dengan distribusi yang diuji

Tabel 2.6 Tabel Nilai  $\Delta P$  kritis Smirnov-Kolmogorov

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

Sumber: Soewarno (1995)

Untuk data yang tidak terdapat didalam tabel, menggunakan persamaan dibawah sebagai berikut :

$$D_{\text{tabel}} = \frac{K_{\alpha}}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(2.27)$$

## **2.13 Metode Perhitungan Debit Banjir**

### **2.13.1 Metode Rasional**

Metode Rasional merupakan rumus yang tertua dan yang terkenal diantara rumus-rumus empiris. Metode Rasional dapat digunakan untuk menghitung debit puncak sungai atau saluran namun dengan daerah aliran yang terbatas.

Menurut Goldman (1986) dalam Suripin (2004), Metode Rasional dapat digunakan untuk daerah pengaliran < 300 ha. Menurut Ponce (1989) dalam Bambang T (2008), Metode Rasional dapat digunakan untuk daerah pengaliran < 2,5 K. Dalam Departemen PU, SK SNI M-18-1989-F (1989), dijelaskan bahwa Metode Rasional dapat digunakan untuk ukuran daerah pengaliran < 5000 Ha.

Dalam Asdak (200), dijelaskan jika ukuran daerah pengaliran > 300 ha, maka ukuran daerah pengaliran perlu dibagi menjadi berapa bagian sub daerah pengaliran kemudian Rumus Rasional diaplikasikan pada masing-masing sub daerah pengaliran.

Dalam Montarcih (2009) dijelaskan jika ukuran daerah pengaliran > 500 Ha maka koefisien pengaliran (C) bias dipecah-pecah sesuai tata guna lahan dan luas lahan yang bersangkutan. Dalam Suripin (2004) dijelaskan bahwa penggunaan Metode Rasional pada daerah pengaliran dengan berapa sub daerah pengaliran dapat dilakukan dengan pendekatan nilai C gabungan atau C rata-rata dan intensitas hujan dihitung berdasarkan waktu konsentrasi yang terpanjang.

Rumus umum dari Metode Rasional adalah:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan rumus:

Q = Debit puncak limpasan permukaan ( $m^3/ \text{det}$ )

C = Angka pengaliran (tanpa dimensi)

A = Luas daerah pengaliran ( $m^2$ )

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

Metode Rasional diatas dikembangkan berdasarkan asumsi sebagai berikut:

1. Hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh
2. Periode ulang debit sama dengan periode ulang hujan
3. Koefisien pengaliran dari daerah pengaliran yang sama adalah tetap untuk berbagai periode ulang.

Jika persamaan (2.28) dipergunakan untuk menghitung debit rencana dengan berbagai periode ulang maka notasinya dalam buku ini ditulis sebagai berikut

$$Q_T = 0,278 \times C \times I_T \times A \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan rumus:

$Q_T$  = debit puncak limpasan permukaan ( $m^3/ \text{det}$ )

C = angka pengaliran (tanpa dimensi)

A = luas daerah pengaliran ( $m^2$ )

$I_T$  = intensitas curah hujan dengan periode ulang T tahun (mm/jam)

Besarnya nilai  $t_c$  dapat dihitung dengan beberapa rumus diantaranya:

1. Rumus Kirpich

$$t_c = 0.01947 \times L^{0.77} \times S^{-0.385} \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan rumus :

$t_c$  = waktu konsentrasi (detik)

$L$  = Panjang lintasan air dari titik terjauh ke titik ditinjau (m)

$S$  = kemiringan rata-rata daerah lintasan air (m/m)

2. Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakan menjadi 2 komponen yaitu:

$$t_c = T_{overland} + T_{channel}$$

Atau juga sering ditulis:

$$t_c = T_s + T_a \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana:

$T_s$  = waktu aliran permukaan (*surface flow / overland flow*)

$T_a$  = waktu aliran disaluran utama (*channel flow*)

Waktu Aliran Permukaan *Overland Flow*:

$$T_s = 0.0078 \times L_s^{0.77} \times S_s^{-0.385} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana:

$T_s$  = Waktu aliran permukaan (menit)

$L_s$  = Panjang lintasan aliran permukaan (m)

$S_s$  = Kemiringan permukaan (m/m)

Waktu Aliran di Saluran *Channel Flow*:

$$T_a = 0.01947 \times L_s^{0.77} \times S_s^{-0.385} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana:

$T_a$  = Waktu aliran dalam saluran

$L_s$  = Panjang saluran utama (m)

$S_s$  = Kemiringan saluran utama (m/m)

Untuk mendapatkan total waktu konsentrasi gabungkan keduanya.

Tabel 2.7 Angka Kekasaran Lahan

Tata Guna Lahan	n
Kedap air	0,02
Timbunan tanah	0,10
Tanaman pangan/tegalan dengan sedikit rumput pada tanah gundul yang kasar dan lunak	0,20
Padang rumput	0,40
Tanah gundul yang kasar dengan runtuhan dedaunan	0,60
Hutan dan sejumlah semak belukar	0,80

Sumber: Bambang T(2008)

Koefisien pengaliran (C), didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Perkiraan atau pemilihan nilai C secara tepat sulit dilakukan, karena koefisien ini antara lain bergantung dari:

1. Kehilangan air akibat infiltrasi, penguapan, tampungan permukaan
2. Intensitas dan lama hujan

Dalam perhitungan drainase permukaan, penentuan nilai C dilakukan melalui pendekatan yaitu berdasarkan karakter permukaan.

Kenyataan dilapangan sangat sulit menemukan daerah pengaliran yang homogeny. Dalam kondisi yang demikian, maka nilai C pada persamaan (2.28) atau (2.29) dihitung dengan cara berikut:

$$C = C \text{ rata-rata} = \frac{\sum C_i \times A_i}{\sum A \text{ total}} \dots\dots\dots(2.34)$$

Keterangan rumus:

C = Koefisien limpasan rata-rata

C<sub>i</sub> = Koefisie limpasan untuk sub-area dengan tata guna lahan yang berbeda

$A_i$  = Luas area (*sub-area*) dengan tata guna lahan yang berbeda

$A_{total}$  = Luas total daerah aliran

Tabel 2.8 Koefisien pengaliran (C) untuk rumus Rasional

Deskripsi lahan /karakter permukaan	Koefisien pengaliran (C)
Bisnis:	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan:	
Rumah tinggal	0,30 – 0,50
Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
Perkampungan	0,25 – 0,50
Apartemen	0,50 – 0,70
Perkerasan:	
Aspal dan beton	0,70 – 0,95
Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Halaman berpasir:	
Datar (2%)	0,05 – 0,10
Curam (7%)	0,50 – 0,20
Halaman tanah:	
Datar (2%)	0,13 – 0,17
Curam (7%)	0,18 – 0,22
Hutan:	
Datar 0 – 5%	0,10 – 0,40
Bergelombang 5 – 10%	0,25 – 0,50
Berbukit 10 – 30%	0,30 – 0,60

Sumber: Suripin (2004)

$$\text{Rumus Monobe: } I = \frac{X_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan rumus:

$I$  = intensitas hujan (mm/jam)

$X_{24}$  = hujan harian (mm)

$t_c$  = waktu konsentrasi (jam)

Cara lain yang juga dapat dilakukan adalah mensubstitusikan persamaan (2.34) ke persamaan (2.28) sehingga diperoleh persamaan berikut:

$$0,278 = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan rumus:

C = Koefisien limpasan rata-rata

C<sub>i</sub> = Koefisien limpasan untuk sub-area dengan tata guna lahan berbeda

A<sub>i</sub> = Luas area (*sub-area*) dengan tata guna lahan yang berbeda

Langkah-langkah perhitungan debit rencana dengan Metode Rasional adalah:

1. Jika koefisien limpasan dari suatu daerah pengaliran atau daerah aliran sungai (DAS) adalah tidak seragam maka daerah pengaliran atau DAS tersebut dibagi-bagi terlebih dahulu menjadi sub-DAS sesuai tata guna lahan.
2. Hitung C rata-rata.
3. Hitung nilai  $\frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$  jika dihitung dengan persamaan (2.36)
4. Hitung waktu konsentrasi (tc) berdasarkan persamaan (2.6) atau (2.7)
5. Hitung intensitas hujan (I) jika data hujan yang tersedia adalah data menitan maka I dapat dihitung dengan Metode Talbot, Sherman, dan Ishiguro. Jika data hujan yang tersedia adalah data harian maka I dapat dihitung dengan Metode Mononobe.
6. Masukkan hasil perhitungan yang diperoleh ke persamaan (2.28) atau persamaan (2.35) untuk mendapatkan nilai (Kamiana, 2011:81-86).

## 2.14 HEC-RAS

Aplikasi HEC-RAS, yaitu aplikasi yang diberikan secara freeware oleh *Hydrologic Engineering Center Us Army*. Aplikasi HEC-RAS ini menitik beratkan pada analisa analisa Hidraulika pada sebuah Sungai / *River Analysis System*, Sistem, lain halnya dengan aplikasi serupa yang di keluarkan yaitu HEC-HMS yang menitik beratkan kepada analisa Hidrologinya.

Analisis yang Analisis yang dilakukan dilakukan oleh HEC-RAS adalah analisis aliran *Steady*, *Unsteady* dan *Sediment Transport*. Aliran *Steady* adalah sebuah aliran dimana jumlah cairan yang mengalir per jumlah cairan yang mengalir per detik melalui bagi detik melalui bagian apapun, adalah konstan. Aliran apapun, adalah konstan. Aliran *Steady* pun di bagi menjadi 2, yaitu *Uniform Flow* dan *Non Uniform Flow*. Sedangkan *UnSteady Flow* adalah sebuah aliran di mana jumlah cairan yang mengalir per detik melalui bagian apapun adalah tidak konstan.

Simulasi aliran di saluran terbuka (*open channel*) merupakan salah satu cara untuk mempelajari pola aliran di sepanjang saluran tersebut. Simulasi dilakukan secara nyata dengan mengalirkan air ke saluran yang umumnya dibuat dalam skala laboratorium (model fisik) atau secara virtual dengan melakukan serangkaian hitungan hidraulik yang umumnya diwadahi dalam suatu perangkat program aplikasi komputer (model matematik).

Melalui model fisik, sejumlah fenomena fisik aliran di *Long Section* dan *Cross Section* sungai. Setelah itu barulah memasukkan data hujan yang diperlukan ataupun data yang ingin di analisis. Hal yang terpenting adalah menentukan sistem

analisis yang akan kita run apakah *Steady Flow* atau *Unsteady Flow*, setelah semua data diinput maka Running Program bisa dijalankan.

Saat Running terjadi kesalahan HEC-RAS tidak mengeluarkan hasil dari running tersebut maka masih terdapat kesalahan dalam pengisian data / input data dan biasanya terdapat keterangan kesalahann yang harus diperbaiki. Hasil running HEC-RAS adalah sebuah hasil analisis hidraulika yang dapat kita lihat, yaitu berupa sebuah gambar profil melintang dan memanjang sungai. tidak hanya gambar, output yang dihasilkan juga dapat berupa tabel tabel data.

HEC-RAS dapat digunakan untuk:

1. Perhitungan aliran permanen (*Steady Flow*)
2. Menghitung profil muka air berdasarkan debit aliran konstan.
3. Perhitungan aliran tidak permanen (*Unsteady Flow*)
4. Mensimulasikan hidrograf banjir pada sungai dengan variasi debit terhadap waktu.
5. Perhitungan transpor desimen
6. Menganalisis erosi, sedimentasi, dan perubahan morfologi sungai.
7. Pemodelan aliran dua dimensi (2D)
8. Untuk kondisi kompleks seperti banjir genangan, limpasan tanggul, dan interaksi aliran sungai dengan dataran banjir.

## **2.15 Data HEC – RAS**

Dalam melakukan simulasi aliran sungai, HEC-RAS membutuhkan beberapa jenis data:

1. Data geometri sungai: penampang melintang (*cross section*), panjang segmen sungai, kemiringan dasar.

2. Data hidrologi: debit banjir rencana hasil perhitungan metode hidrologi,
3. Data *boundary condition*: kondisi awal dan batas (*upstream dan downstream*).
4. Data tambahan: elevasi tanah, tata guna lahan, dan data hasil survei lapangan.