

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

2.1.1. Pengertian DAS

Daerah Aliran Sungai disingkat DAS adalah suatu hamparan wilayah/kawasan yang dibatasi oleh topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsure hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama ke laut atau danau.

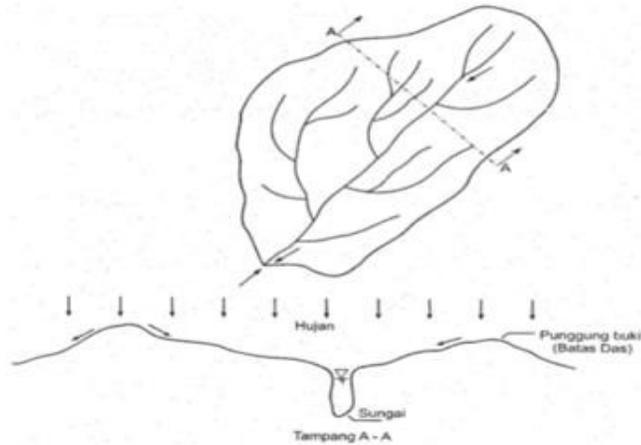


Gambar 2.1. Penjelasan dari punggung gunung

Faktor utama kerusakan DAS ditandai dengan menurunnya kemampuan menyimpannya yang menyebabkan tingginya laju erosi dan debit banjir sungai - sungainya.

Faktor utama penyebabnya adalah hilang/rusaknya penutupan vegetasi permanen/hutan, penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuannya, dan penerapan teknologi pengelolaan lahan/pengelolaan DAS yang tidak tepat (Sinukaban, 2007). Pada umumnya semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar jumlah limpasan permukaan

semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai. Agar penjelasan mengenai pengertian dari DAS dapat dimengerti dengan baik, dapat melihat gambar berikut ini.



Gamba 2.2. Daerah aliran sungai (DAS), Triatmodjo (2008)

2.1.2. Pengertian Sungai

Sungai dapat didefinisikan sebagai saluran di permukaan bumi yang terbentuk secara alamiah yang melalui saluran itu air dari darat mengalir ke laut. Permukaan bumi secara alami mengalami erosi begitu muncul ke permukaan.

Salah satu faktor penting penyebab erosi yang bekerja secara terus menerus untuk mengikis permukaan bumi, hingga sama dengan permukaan laut adalah air. Air adalah benda cair yang senantiasa bergerak ke arah tempat yang lebih rendah yang dipengaruhi oleh gradien sungai dan gaya gravitasi bumi. Menurut Sandy (1985), dalam pergerakannya air selain melarutkan sesuatu juga mengikis bumi sehingga akhirnya terbentuklah cekungan dimana air tertampung melalui saluran kecil atau besar yang disebut dengan istilah alur sungai.

Suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, dimana air akan mengalir melalui sungai dan anak sungai disebut daerah aliran sungai (DAS). Dalam istilah bahasa Inggris disebut *Catchment Area*, *Watershed*, atau *River Basin*.

Menurut Waryono (2001) bahwa struktur sungai pada hakekatnya merupakan bentuk luar penampang badan sungai yang memiliki karakteristik berbeda pada bagian hulu, tengah, dan hilir. Lebih jauh dikemukakan bahwa bagian dari struktur sungai meliputi badan sungai, tanggul sungai dan bantaran sungai. Forman (1986) untuk menggambarkan ruas sungai dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Ruas sungai

Berdasarkan PP No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai, ruang sungai terdiri dari:

a. Palung Sungai

Berfungsi sebagai ruang wadah air mengalir dan sebagai tempat berlangsungnya kehidupan ekosistem sungai. Membentuk jaringan pengaliran air, baik yang mengalir secara menerus maupun berkala dan ditentukan berdasarkan topografi terendah alur sungai.

b. Bantaran Sungai

Adalah ruang antara tepi palung sungai dan kaki tanggul sebelah dalam yang terletak di kiri dan/atau kanan palung sungai.

c. Sempadan Sungai

Berfungsi sebagai ruang penyangga antara ekosistem sungai dan daratan, agar fungsi sungai dan kegiatan manusia tidak saling terganggu.

2.1.3. Bagian - bagian Sungai

Secara umum sebuah sungai bisa dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. Bagian Hulu

Hulu adalah bagian sungai yang menjadi tempat permulaan air mengalir, karena hulu merupakan bagian sungai pertama yang berada di elevasi tinggi, walaupun debit yang dikeluarkan tidak besar namun aliran air yang terjadi akan deras karena hulu merupakan daerah yang terdekat dengan sumber air sungai tersebut dan hal itu memicu adanya erosi di bagian-bagian tertentu yang berada di hulu sungai.

2. Bagian Tengah

Bagian tengah sungai adalah tempat yang menyambungkan bagian hulu dan hilir sungai itu sendiri. Bagian tengah sungai berada di bawah bagian hulu jadi elevasi bagian tengah sungai lebih rendah dibandingkan hulu sungai. Proses yang terjadi di bagian tengah sungai ini ada dua macam, yaitu pengangkutan sedimen yang dihasilkan erosi pada bagian hilir atau pengendapan sedimen yang dihasilkan erosi pada bagian hilir, hal tersebut dipengaruhi oleh besar tidaknya debit air pada bagian tengah sungai. Jika debit yang terjadi besar maka akan terjadi pengangkutan sedimen dari

bagian hulu menuju bagian hilir, tetapi jika debit yang ada pada bagian tengah kecil maka hasil erosi pada bagian hulu akan mengendap di bagian tengah sungai tersebut.

3. Bagian hilir

Bagian hilir sungai adalah bagian sungai yang paling dekat dengan laut atau danau yang menjadi tempat terakhir sungai mengalir. Bagian hilir terdapat di bawah hulu dan bagian tengah sungai jadi hilir memiliki elevasi yang lebih rendah dibandingkan bagian hilir dan tengah sungai. Di bagian hilir atau sungai bagian akhir memiliki debit yang kecil jadi banyak terjadi pengendapan di bagian hilir sungai.

Didaerah ini proses yang dominan adalah sedimentasi. Partikel hasil erosi dibagian hulu yang kemudian ditransportasi dibagian tengah akan diendapkan dibagian hilir. Jika Sungai bermuara dilaut yang dan arus gelombangnya tidak besar maka kemungkinan akan berbentuk delta.

2.1.4. Type Sungai

1. Sungai Torensial (*Mountain Torrent*)

Sungai-sungai torensial berada di ruas hulu yang umumnya berupa daerah pegunungan. Sungai-sungai ini mempunyai kecepatan aliran tinggi karena kemiringan dasar curam dan sering dijumpai terjunan-terjunan (*drops*) yang dikontrol oleh bongkahan batu besar, pohon-pohon yang jatuh dan lain-lain. Material dasar sungai umumnya besar berupa bongkahan-bongkahan (*boulder*).

2. Sungai Berjalin (*Braided River*)

Sungai berjalin terdiri dari jaringan sungai yang berjalin (*interlocking*) dan mempunyai gosong-gosong dan pulau-pulau di tengah alur. Sungai ini umumnya dijumpai di daerah ruas hulu dan

tengah suatu daerah aliran. Material dasar umumnya terdiri dari kerikil (*gravel*) atau kerakal (*cobble*), namun kadang-kadang dijumpai juga pasir. Angkutan material dasar tinggi, paling tidak pada saat banjir.

3. Sungai Bermeander (*Meandering River*)

Terdapat pada ruas tengah dan bawah daerah pengaliran sungai. Sungai bermeander mempunyai bentuk datar berliku dan mengalami proses gerusan ke arah bantaran banjir pada sisi tikungan luar dan proses pembentukan bantaran banjir baru pada sisi tikungan dalam sehingga terjadi pergeseran meander. Material dasar umumnya terdiri dari pasir atau kerikil.

4. Delta

Terjadi di daerah rendah di mana suatu sungai melepaskan sejumlah besar sedimen ke dalam badan air yang tenang seperti muara dan kemudian mengendapkan semua atau sebagian besar muatan sedimennya. Dalam kondisi alamiah sungai dapat membelah menjadi beberapa anak sungai.

5. Sungai Aluvial

Sungai yang seluruh materialnya adalah aluvium (endapan lempung, lanau, pasir, dan kerikil) sehingga mudah tergerus dan mudah berubah dimensi, bentuk, pola dan kemiringan sebagai akibat perubahan kemiringan, suplai sedimen ataupun debit. Secara alamiah bersifat dinamik, artinya selalu berubah baik posisi maupun bentuknya karena selalu terjadi proses gerusan, pengangkutan dan pengendapan (*deposition*) butiran sedimen sebagai akibat gaya – gaya hidraulik yang bekerja pada dasar maupun tebing sungai. Sedimen yang terangkut oleh aliran dapat berasal dari material hasil gerusan di daerah pengaliran dan bantaran banjir yang masuk ke sungai maupun material hasil gerusan dasar dan tebing sungai.

Secara umum, tidak stabil karena potensi kelongsoran tebing dapat terjadi akibat perubahan – perubahan sungai dalam arah lateral maupun arah vertikal.

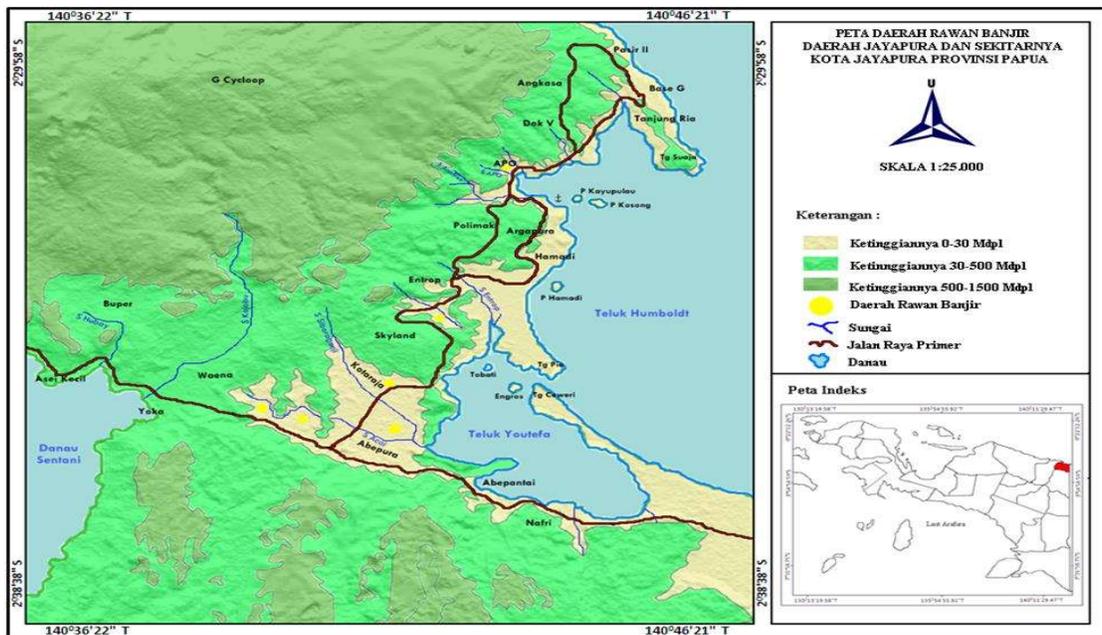
6. Sungai Non Aluvial

Material dasar dan tebing terdiri dari batuan atau butiran sangat kasar seperti kerakal dan bongkahan batu besar (boulders) yang tidak akan terbawa oleh aliran kecuali pada kondisi aliran sangat besar.

2.2. Pengertian Banjir

Banjir adalah setiap aliran yang relatif tinggi yang melampaui tanggul sungai sehingga aliran air menyebar ke dataran sungai dan menimbulkan masalah pada manusia (Chow, 1970). Definisi di atas menjelaskan bahwa banjir terjadi apabila kapasitas alir sungai telah terlampaui dan air telah menyebar ke dataran banjir. Banjir adalah jumlah debit air yang melebihi kapasitas pengaliran air tertentu, ataupun meluapnya aliran air pada palung sungai atau saluran sehingga air melimpah dari kiri kanan tanggul sungai atau saluran (Hasibuan, 2004).

Menurut Kodoatie (2005) dalam kepentingan yang lebih teknis, banjir dapat disebut sebagai genangan air yang terjadi di suatu lokasi yang diakibatkan oleh perubahan tata guna lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS), pembuangan sampah, erosi dan sedimentasi, perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat, curah hujan yang tinggi, pengaruh fisiografi/geofisik sungai, kapasitas sungai dan drainase yang tidak memadai, pengaruh air pasang, penurunan tanah dan rob (genangan akibat pasang surut air laut).



Gambar 2.4 Peta rawan banjir kota jayapura
Sunber : Google

2.2.1. Jenis-jenis Banjir

Jenis banjir yang sering terjadi di Indonesia adalah banjir genangan, banjir bandang, dan banjir rob yang diakibatkan oleh naiknya permukaan air laut.

Berikut ini adalah jenis – jenis banjir :

1. Banjir Bandang

Banjir bandang adalah banjir yang paling berbahaya. Banjir jenis ini akan mengangkut air, lumpur, bebatuan, dan apapun yang ada di sekitar alirannya. Banjir bandang juga kerap menimbulkan kerusakan cukup parah. Banjir jenis ini biasa terjadi akibat hutan gundul. Daerah yang rawan terkena banjir bandang adalah daerah pegunungan.

2. Banjir Air

Banjir air merupakan banjir yang terjadi akibat luapan air sungai, danau, atauselokan. Banjir air adalah jenis banjir yang sering terjadi saat hujan deras dalam waktu yang lama.

3. Banjir Lumpur

Banjir lumpur adalah banjir yang keluar dari perut bumi dan menggenangi wilayah daratan. Lumpur yang dihasilkan mengandung gas yang berbahaya. Banjir jenis ini memiliki sedikit kemiripan dengan banjir bandang perihal material yang dikeluarkan.

4. Banjir Rob

Banjir rob atau banjir laut air pasang adalah jenis banjir yang biasa terjadi di kawasan pemukiman wilayah pesisir pantai. Air laut pasang dapat meluap menggenangi wilayah daratan..

5. Banjir Cileunang

Banjir Cileunang adalah sebutan untuk banjir yang terjadi akibat derasnya hujan yang menghasilkan debit air yang melimpah dan tidak terbung. Banjir ini menyebabkan luapan air yang sedikit mirip dengan banjir air.

2.2.2. Penyebab Banjir

Banjir dapat disebabkan oleh kondisi alam maupun ulah manusia. Banjir yang disebabkan oleh kondisi alam berupa curah hujan yang tinggi. Sementara itu, banjir yang disebabkan oleh ulah manusia berupa penebangan pohon tanpa melakukan reboisasi. Apa penyebab banjir lainnya? Berikut penjelasan selengkapnya:

1. Curah Hujan Tinggi

Curah hujan yang tinggi mengakibatkan naiknya volume air di wilayah daratan. Intensitas hujan yang relatif tinggi ini dapat menyebabkan daerah aliran air, seperti sungai, tidak lagi mampu menahan air yang ada. Alhasil, air sungai akan meluap dan menggenangi wilayah daratan yang biasanya kering.

2. Minimnya Daerah Resapan Air

Daerah resapan air berfungsi sebagai jalur resapan air hujan ke dalam tanah. Wilayah yang minim daerah resapan air, khususnya di kota-kota besar rawan terjadi banjir. Saat ini, daerah serap banyak tertutup aspal dan beton

3. Adanya Penyumbatan Akibat Buang Sampah Sembarangan

Penyebab banjir lainnya diakibatkan oleh penyumbatan aliran sungai atau selokan. Penyumbatan dapat terjadi akibat kebiasaan masyarakat yang membuang sampah di sungai. Penumpukan sampah itulah yang menjadi penyebab banjir.

4. Penebangan Pohon

Penebangan pohon secara liar dapat menyebabkan hutan menjadi gundul dan berkurangnya pohon sebagai penyerapan air. Jenis banjir yang disebabkan oleh penebangan pohon adalah banjir bandang.

5. Penurunan Luasan Hutan

Penurunan luasan hutan juga menjadi penyebab terjadinya banjir. akibat alih fungsi lahan menyebabkan lingkungan di wilayah hulu semakin rendah. Hal ini menyebabkan tingginya limpahan air hujan tidak dapat diserap ke dalam tanah.

2.2.3. Cara Pencegahan Banjir

Ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk menanggulangi terjadinya banjir. Dikutip dari Buku Edukasi Bencana Banjir oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), berikut kegiatan yang dapat dilakukan untuk mencegah risiko banjir:

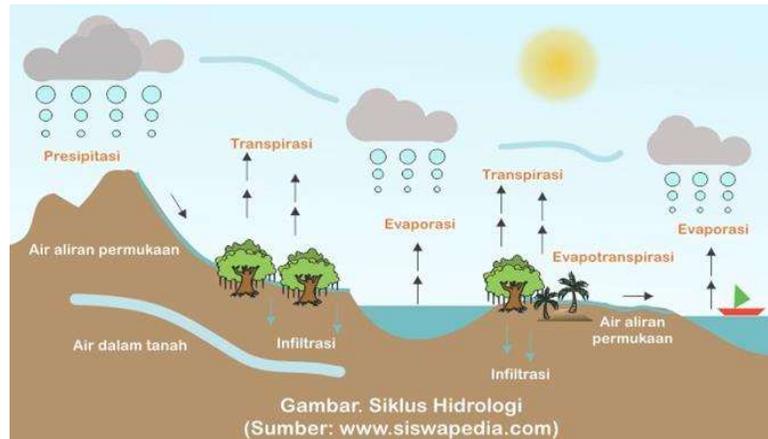
1. Penataan daerah aliran sungai secara terpadu dan sesuai dengan fungsi lahan.
2. Tidak membangun rumah dan pemukiman di bantaran sungai serta di daerah banjir.
3. Pemasangan pompa untuk daerah yang lebih rendah dari permukaan laut.
4. Melakukan program penghijauan di daerah hulu sungai secara rutin.
5. Membudayakan membuang sampah pada tempatnya.
6. Membudayakan kerja bakti membersihkan saluran air.
7. Membangun atau menetapkan lokasi dan jalur evakuasi bila terjadi banjir.

2.3. Pengertian Hidrologi

Hidrologi (berasal dari Bahasa Yunani: *Hydrologia*, "ilmu air") adalah cabang ilmu Geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh Bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air. Orang yang ahli dalam bidang hidrologi disebut hidrolog, bekerja dalam bidang ilmu bumi dan ilmu lingkungan, serta teknik sipil dan teknik lingkungan.

Kajian ilmu hidrologi meliputi hidrometeorologi (air yang berada di udara dan berwujud gas), potamologi (aliran permukaan), limnologi (air permukaan yang relatif tenang seperti danau; waduk), geohidrologi (air tanah), dan kriologi (air yang berwujud padat seperti es dan salju) dan kualitas air. Penelitian Hidrologi juga memiliki kegunaan lebih lanjut bagi teknik lingkungan, kebijakan lingkungan, serta perencanaan. Hidrologi juga mempelajari perilaku hujan terutama meliputi periode ulang curah hujan karena berkaitan dengan perhitungan banjir serta rencana untuk setiap bangunan teknik sipil antara lain bendung, bendungan dan jembatan. (Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Hidrologi>).

Menurut Mahmud Ahmad 2011, Hidrologi adalah cabang ilmu dari ilmu kebumihan. Hidrologi merupakan ilmu yang penting dalam *asesmen*, pengembangan, *utilisasi* dana manajemen sumber daya air yang dewasa ini semakin meningkat realisasinya di berbagai level.



Gambar 2.5 Siklus Hidrologi

2.4. Analisa Hidrologi

Pada perhitungan analisa hidrologi meliputi data curah hujan dan perhitungan debit. Dari data yang ada akan digunakan akan untuk perencanaan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Penentuan debit banjir harus proposional sehingga dapat memperhitungkan ukuran bangunan dalam menampung besarnya debit rencana yang ada serta sesuai dengan pertimbangan ekonomi.

Analisis hidrologi merupakan faktor yang paling berpengaruh untuk merencanakan besarnya sarana penampungan dan pengaliran.

Hal ini diperlukan untuk dapat mengatasi aliran permukaan yang terjadi agar tidak mengakibatkan terjadinya genangan. Beberapa aspek yang perlu ditinjau antara lain:

2.4.1. Analisis Frekuensi Data Hidrologi

Analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (independent) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik. (Sumber: Suripin, Dr. Ir., M. Eng, 2004) Data yang diperlukan untuk menunjang teori kemungkinan ini adalah minimum 10 besaran hujan atau

debit dengan harga tertinggi dalam setahun jelasnya diperlukan data minimum 10 tahun. Karena terbatasnya data debit maka perkiraan besarnya limpasan, khususnya untuk daerah aliran yang tak terlampau besar, dihitung berdasarkan hubungan curah hujan terhadap larian dan analisa frekuensi curah hujan. Untuk daerah aliran yang mempunyai beberapa pos hujan, berbagai pertimbangan harus ditinjau supaya didapat harga ekstrim dari rata – rata curah hujan didalam daerah tersebut.

2.4.2. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi atau distribusi frekuensi digunakan untuk memperoleh probabilitas besaran curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang. Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi ratarata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien skewness (kecondongan atau kemiringan). Seperti ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.1.Parameter Statistik

Parameter / Statistik	Sampel	Populasi
Rata-rata	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi$	$\mu = E(X) = \int_{-00}^{00} xf(x)dx$
Simpangan baku	$S = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	$\sigma = \{E[(x - \mu)^2]\}^{\frac{1}{2}}$
Koefisien Variasi	$CV = \frac{S}{\bar{X}}$	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$
Koefisien skewness	$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$	$\gamma = \frac{E[(x-\mu)^3]}{\sigma^3}$
Kurtosis (Ck)	$K = \alpha_4 = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4}{S^4}$	$K = \alpha_4 = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \mu)^4}{\sigma^4}$

Sumber : Triatmodjo (2008)

Hujan merupakan komponen yang sangat penting dalam analisis hidrologi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam baik secara manual maupun otomatis, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama satu hari. Berdasarkan ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi

yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi. Berikut ini empat jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi:

- Distribusi Normal
- Distribusi Log Normal
- Distribusi Log Person III
- Distribusi Gumbel.

Berikut ini empat jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi:

a. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss. Perhitungan curah hujan rencana menurut metode distribusi normal, mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$X = \mu + z\sigma \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan

$$F(z) = 1 - P$$

dimana :

- X = curah hujan (mm)
- μ = rerata
- z = probabilitas kumulatif (nilai tabel)
- σ = deviasi standar
- P = probabilitas (%)

Dalam pemakaian praktis, hitungan dilakukan dengan menggunakan tabel seperti yang disajikan pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2. 2 Probabilitas kumulatif distribusi normal standar dengan z (+)

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359

Sumber : Triatmodjo (2008)

Tabel 2. 3 Probabilitas kumulatif distribusi normal standar dengan z (-)

z	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002

Sumber : Triatmodjo (2008)

b. Distribusi Log Normal

Apabila variabel random atau data yang dikumpulkan, distribusinya tidak mengikuti distribusi normal, tetapi nilai logaritmanya yang mengikuti distribusi normal, maka analisis frekuensinya menggunakan distribusi log normal. Fungsi probabilitas diperoleh dengan melakukan transformasi :

$$y = \ln x \text{ atau } y = \log x$$

Perhitungan distribusi log normal dilakukan dengan menggunakan tabel yang sama dengan distribusi normal.

Sri Harto, 1993, memberikan sifat – sifat distribusi log normal sebagai berikut :

$$\text{Koefisien kemencengan (Skewness), } C_s = C_v^3 + 3C_v$$

$$\text{Koefisien kurtosis, } C_k = C_v^4 + 6C_v^3 + 15C_v^2 + 3$$

c. Distribusi Gumbel

Faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :

- 1. Besarnya curah hujan rata-rata dengan rumus :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

\bar{X} = rerata

X_i = variabel acak

n = jumlah data

- 1. Hitung standar deviasi dengan rumus :

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

- 2. Hitung besarnya curah hujan untuk periode ulang t tahun dengan rumus :

$$X_T = \bar{X} \frac{Y_T - Y_n}{\sigma} S_d \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana A dan B adalah merupakan parameternya. Bila disubstitusikan harga $Y_T = A \cdot (x-B)$, dimana Y_T disebut pula sebagai variasi pengurangan (*reduced variate*), maka :

$$P(Y) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- e = Bilangan alam = 2,7182818
- X_T = Varian reduksi (*reduced variate*)
- T = Periode ulang (tahun)

Chow menyarankan agar *variate x* yang menggambarkan deret hidrologi acak dapat dinyatakan dengan rumus :

$$X = \mu + S K \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- μ = Nilai rata – rata (*mean value*)
- S = Standar deviasi
- K = Faktor frekuensi

Adapun bentuk persamaan akhir yang digunakan pada metode Gumbel adalah

$$X_T = X + \frac{Y_T Y_n}{S} \sigma_X \dots\dots\dots (2.7)$$

$$X_T = - \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

- X_T = Besarnya kejadian periode ulang
- Y_T = Variasi reduksi (*reduced variate*)
- Y_n = Nilai tengah variasi reduksi tergantung banyaknya sampel (n)
- S = Standar deviasi
- S_n = Standar deviasi dari variasi reduksi
- T = Periode ulang tahun

Untuk nilai variasi reduksi (Y_T) pada periode ulang (T) dapat dilihat pada Tabel 2.4 seperti di bawah ini :

Tabel 2. 4 Nilai reduced variate (Y_T) sebagai fungsi periode ulang

Periode Ulang (T) (tahun)	Y_T
2	0,3665
5	1,4990
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
30	3,9019
40	4,6001
50	5,2960
100	6,2140
200	6,9190
500	8,5390
1000	9,9210

Sumber : Hidrologi untuk insinyur (Linsley, 1986)

Untuk menentukan nilai reduksi rata-rata (reduced mean, Y_n) pada perhitungan nilai faktor frekuensi (K) untuk periode ulang T (tahun), dapat dilihat pada Tabel 3 dan untuk menentukan nilai selisih reduksi standard (*reduced standard deviation, S_n*) juga dapat dilihat pada Tabel 2.5 seperti di bawah ini :

Tabel 2.5 Reduksi Rata-Rata (Reduced Mean, Y_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611
<i>Sumber :Suripin, (2004)</i>										

Tabel 2.6 Selisih Reduksi Standard (Reduced Standard Deviation, S_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber :Suripin, (2004)

d. Distribusi Log Pearson Type III

Distribusi Log Pearson Type III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi Log Pearson Tipe III merupakan hasil dari transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan mengganti varian menjadi nilai logaritma. Data hujan harian maksimum tahunan sebanyak n tahun diubah dalam bentuk logaritma. Langkah-langkah dalam perhitungan curah hujan rencana berdasarkan perhitungan Log Pearson Type III sebagai berikut (Soemarto, 1999). 1. Hitung rata-rata logaritma dengan rumus :

1. Hitung rata-rata logaritma dengan rumus :

$$\text{Log}X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (2.9)$$

2. Hitung Simpangan baku dengan rumus :

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

3. Hitung Koefisien kemencengan dengan rumus :

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

4. Hitung Logaritma Curah hujan rencana dengan Periode Ulang Tertentu

$$\text{Log } X_T = \text{log } X + K.S_d \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

Log X = Rata –rata logaritma data

N = Banyaknya tahun pengamatan

Sd = Standar deviasi

G = Koefisien kemencengan

K = variable standar (standardized) untuk X yang besarnya tergantung pada kemiringan G (Tabel 2.7)

Tabel 2.7. Nilai koefisien kemencengan Cs

Cs	Waktu balik dalam tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97	7,25
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,854	4,652	6,6
2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444	6,2
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,91
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,66
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,99	5,39
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,11
1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661	4,82
1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489	4,54
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,25
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,96
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949	3,67
0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,38
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67	3,235
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,09
-0,1	0,017	0,836	1,27	1,716	2	2,252	2,482	2,95
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388	2,81
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,54
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,4
-0,6	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,15
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	1,749	1,91
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	0,18

(Sumber : Suripin .2004)

Menentukan curah hujan rerata harian maksimum daerah dilakukan berdasarkan pengamatan beberapa stasiun pencatat hujan. Perhitungan curah hujan rata-rata maksimum ini dapat menggunakan beberapa metode, diantaranya menggunakan metode rata-rata aljabar, garis Isohiet, dan poligon Thiessen .

1. Cara rata-rata Aljabar

Cara ini menggunakan perhitungan rata-rata secara aljabar, tinggi curah hujan diambil dari harga rata-rata dari stasiun pengamatan di dalam daerah yang ditinjau. Persamaan aljabar :

$$R = \frac{1}{2} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

- R = Curah hujan rata – rata rendah
- n = Jumlah titik pengamatan
- R1 + R2 + +Rn = Jumlah curah hujan ditiap titik pengamatan

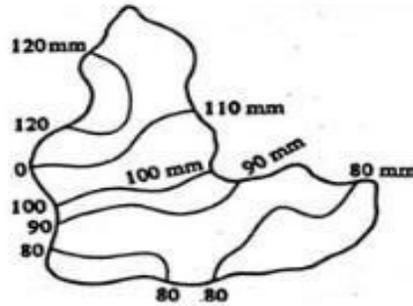
2. Cara garis Isohiet

Peta isohiet digambarkan pada peta topografi dengan perbedaan (interval) 10 mm sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan didalam dan di sekitar daerah yang dimaksud. Luas daerah antara dua garis isohiet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula harga rata-rata dari garis-garis isohiet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian daerah itu dapat dihitung. Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut:

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.14)$$

Kereangan :

- R = Curah hujan daerah
- A1 A2 = Luas daerah yang mewakilih titik pengamatan
- R1 R2 = Curah hujan setiap titik pengamatan



Gambar 2.6 Garis Isohiet
(Sumber : soemarto. 19950)

3. Metode Poligon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (weighted average). Metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya, dan dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh hujan yang disebut faktor pembobotan atau Koefisien Thiessen. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya Koefisien Thiessen tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka Koefisien Thiessen dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini dan diilustrasikan pada Gambar 2.5.

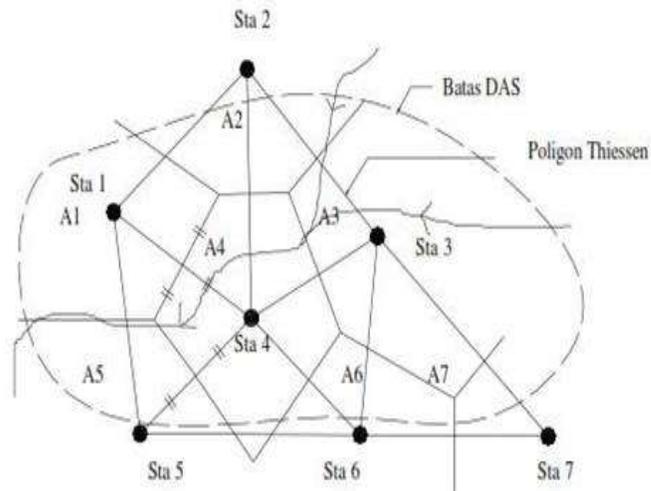
$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.15)$$

Kereangan :

R = Curah hujan di pos pengamatan 1, 2, ..., n

A₁ A₂ = Luas daerah di areal 1, 2, ..., n

R₁ R₂ = Curah hujan pada pos penangkaran



Gambar 2.7 Metode Poligon thiessen
(Sumber : Soemarto .1995)

e. Metode Rasional

Metode rasional merupakan rumus yang tertua dan yang terkenal di antara rumus – rumus empiris. Metode rasional dapat digunakan untuk menghitung debit puncak sungai atau saluran namundengan daerah pengaliran 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 km². Dalam departemen PU, SK SNI M – 18 – 1989 – F (1989), dijelaskan bahwa metode rasional dapat digunakan untuk daerah < 5000 ha.

Dalam Asdak (2002), dijelaskan jika ukuran daerah pengaliran > 300 ha, maka ukuran daerah pengaliran perlu dibagi menjadi beberapa bagian sub daerah pengaliran kemudian rumus rasional diaplikasikan pada masing – masing sub daerah pengaliran.

Dalam Montarcih (2009) dijelaskan jika ukuran daerah pengaliran > 5000 ha maka koefisien pengaliran (C) bias dipecah – pecah sesuai tata guna lahan dan

luas lahan yang bersangkutan . Dalam Suripin (2004) dijelaskan penggunaan metode rasional pada daerah pengaliran dengan beberapa sub daerah pengaliran dapat digunakan dengan pendekatan nilai C gabungan atau C rata – rata dan intensitas hujan dihitung berdasarkan waktu konsentrasi yang terpanjang.

Rumus umum dari metode rasional adalah :

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

- Q = Debit puncak limpasan permukaan (m³/det)
- C = Angka pengaliran
- A = Luas daerah pengaliran (km²)
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

Metode rasional diatas dikembangkan berdasarkan asumsi sebagai berikut :

1. Hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata diseluruh daerah pengaliran selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (t_c), daerah pengaliran.
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 (2.16) dipergunakan untuk menghitung debit rencana dengan bebabagai periode ulang maka notasinya adalah sebagi berikut :

$$Q_T = 0.278 \times C \times I_T \times A \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

- Q_T = Debit puncak limpasan permukaan dengan periode ulang T tahun atau debit rencana dengan periode ulang T tahun (m^3/det)
- C = Angka pengaliran
- A = Luas daerah pengaliran (km^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

$$TC = \frac{0.87 \times L^2 \times 0.385}{1000 \times S} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

- T_c = Waktu konsentrasi (jam)
- L = Panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau (km)
- S = Kemiringan rata – rata daerah lintasan air

2. Waktu konsentrasi juga dapat dihitung dengan membedakannya dengan dua komponen

$$T_c = t_o + T_d \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan :

$$t_o = \frac{2}{3} \times 3.28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times V} \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan :

- n = Angka kekasaran permukaan lahan
- S = Kemiringan lahan
- L = Panjang lintasan air diatas permukaan lahan
- LS = Panjang lintasan air di dalam saluran/sungai (m)
- V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

Tabel 2.8 Angka Kekasaran Permukaan

Jenis Tata Guna Lahan	n
Lahan terbuka	0.20
Hutan	0.15
Tanah Perumahan	0.35
Industri berat	0.90

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, kerana koefisien ini bergantung pada :

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

Dalam hitungan drainase permukaan, penentuan nilai C dilakukan melalui pendekatan yaitu berdasarkan karekter permukaan. Sebagai contoh dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2.9 koefisien pengaliran (C) untuk metode rasional

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien pengaliran (C)
Business: <ul style="list-style-type: none"> • Perkotaan • Pinggiran 	0,70 – 0,95 0,50 – 0,70
Perumahan: <ul style="list-style-type: none"> • Rumah tinggal • Multiunit, terpisah • Multiunit, tergabung • Perkampungan • Apartemen 	0,30 – 0,50 0,40 – 0,60 0,60 – 0,75 0,25 – 0,40 0,50 – 0,70
Perkerasan: <ul style="list-style-type: none"> • Aspal dan beton • Batu bata, paving 	0,70 – 0,95 0,50 – 0,70
Halaman berpasir: <ul style="list-style-type: none"> • Datar (2%) • Curam (7%) 	0,05 – 0,10 0,15 – 0,20
Halaman tanah: <ul style="list-style-type: none"> • Datar (2%) • Curam (7%) 	0,13 – 0,17 0,18 – 0,22
Hutan: <ul style="list-style-type: none"> • Datar 0 – 5% • Bergelombang 5 – 10% • Berbukit 10 – 30% 	0,10 – 0,40 0,25 – 0,50 0,30 – 0,60

Sumber : disalin sebagian dari Suripin (2004)

2.4.3. Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi (*t_c, time of concentration*) adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran. Debit limpasan dari sebuah daerah aliran akan maksimum apabila seluruh aliran dari tempat yang terjauh dengan aliran dari tempat-tempat di hilirnya tiba di tempat pengukuran secara bersamaan. Hal ini memberi pemahaman bahwa debit maksimum tersebut akan terjadi apabila durasi hujan harus sama atau lebih besar dari waktu konsentrasi (Wesli, 2008).

Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi :

- *Inlet time* (t_o), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
- *Conduit time* (t_d), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir.

Waktu konsentrasi untuk drainase perkotaan terdiri dari waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui permukaan tanah dari tempat terjauh ke saluran terdekat (*inlet time*) ditambah waktu untuk mengalir di dalam saluran ke tempat pengukuran (*conduit time*).

Akan tetapi persamaan Kirpich hanya berlaku untuk lahan pertanian kecil dengan luas tangkapan air kurang dari 80 hektar. Rumus lainnya untuk menghitung waktu konsentrasi juga diberikan oleh *Hatway* (Ponce, 1989) seperti dibawah ini :

$$T_c = 0,606 \cdot (L \cdot n)^{0,467} \cdot S^{-0,234} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

L = Panjang sungai (km)

n = koefisien kekasaran

Nilai koefisien kekasaran, n dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 10. Nilai koefisien Kekasaran Manning

Permukaan	N	
	Minimum	Maksimum
Permukaan yang dilapisi		
Permukaan dari acian semen yang rapi	0,010	0,013
Permukaan saluran yang terbuat dari kayu	0,010	0,014
Saluran yang terbuat dari papan halus	0,010	0,017
Pipa air limbah yang terbuat dari besi patri (kasar)	0,010	0,015
Saluran yang terbuat dari metal logam (halus)	0,011	0,013
Beton precast	0,011	0,015
Permukaan dari mortar semen	0,011	0,015
Saluran terbuat dari papan tidak halus	0,011	0,015
Ubin untuk drainase	0,011	0,017
Beton monolit	0,012	0,016
Pelapis besi	0,013	0,017
Permukaan semen yang kasar	0,017	0,030
Kanal		
Hasil pengerukan tanah halus	0,025	0,033
Pada batuan yang dipotong halus	0,025	0,035
Dengan dasar dan sisi-sisinya ditumbuhi rumput liar	0,025	0,040
Pada batuan yang dipotong kasar dan tidak rata	0,015	0,045
Saluran Alam		
Halus dan lurus	0,025	0,033
Dengan kondisi dipenuhi rumput dan bebatuan	0,045	0,060
Yang dalam dan dipenuhi rumput	0,075	0,150
Dataran		
Padang rumput	0,025	0,050
Semak-semak	0,035	0,160
Pepohonan		
- Padat	0,011	0,200
- Jarang	0,030	0,050
- Dengan pohon yang besar-besar	0,080	0,120

Sumber : Website Slideshare *_Struktur Bangunan Air)*

2.4.4. Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Hidrograf satuan sintesis Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Hidrograf satuan yang diturunkan dari kasus-kasus yang berbeda, akan memperoleh hidrograf satuan yang berbeda pula. Oleh karena itu untuk memperoleh hidrograf satuan yang dapat mewakili (*representative unit hydrograph*) suatu DAS tertentu, maka hidrograf satuan-hidrograf satuan tersebut perlu dirata-ratakan. Akan tetapi sampai sekarang ini yang menjadi permasalahan adalah belum adanya kepastian berapa jumlah kasus yang harus digunakan untuk menurunkan hidrograf satuan agar diperoleh hidrograf satuan yang dapat mewakili suatu DAS.

Perhitungan debit banjir rancangan dapat dihitung dalam hidrograf satuan sintesis dimaksud yaitu dengan menggunakan Metode Nakayasu. Hidrograf Banjir Rancangan Satuan Sintetik metode Nakayasu dipakai untuk memperkirakan debit banjir yang akan terjadi, dilakukan melalui analisis *Rainfall (Run off Model)* dengan metode Nakayasu. Parameter HSS Nakayasu diberikan dalam persamaan-persamaan berikut ini:

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{1}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \dots\dots\dots (2.23)$$

$$T_p = T_g + 0,8T_r \dots\dots\dots (2.24)$$

Untuk panjang sungai lebih dari 15 km digunakan nilai:

$$T_g = 0,4 + 0,058 \cdot L \dots\dots\dots (2.25)$$

Untuk panjang sungai kurang dari 15 km digunakan nilai:

$$T_g = 0,21 + L^{0,7} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g \dots\dots\dots (2.27)$$

α = antara 1,5 hingga 3

dengan:

Q_p = debit puncak banjir (m³/detik)

A = luas DAS (km²)

R_e = curah hujan efektif (mm)

T_p = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf banjir (mm)

$T_{0,3}$ = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak banjir (jam)

T_g = waktu konsentrasi

T_r = satuan waktu dari curah hujan (mm)

α = koefisien karakteristik DAS

L = panjang sungai utama (km)

Bentuk hidrograf satuan diberikan dibentuk oleh persamaan-persamaan kurva sebagai berikut:

1. Pada sisi kurva naik, $0 < t < T_p$

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4} \dots\dots\dots (2.28)$$

2. Pada sisi kurva turan, $T_p < t < (T_p + T_{0.3})$

$$Q_t = Q_p(0.3) \left[\frac{(t - T_p)}{T_{0.3}} \right] \dots\dots\dots (2.29)$$

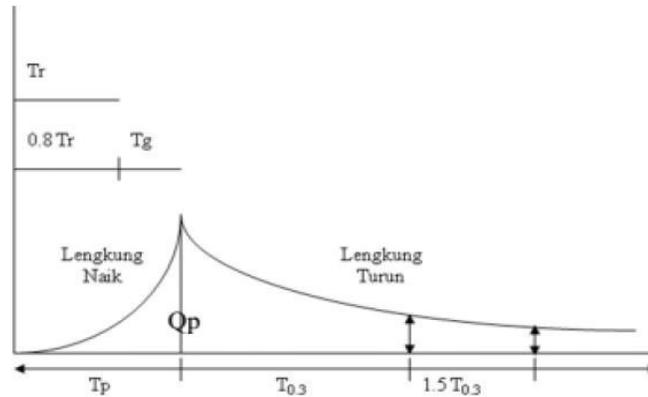
3. Pada sisi kurva turun, $(T_p + T_{0.3}) < t < (T_p + 2.5 T_{0.3})$

$$Q_t = Q_p(0.3) \left[\frac{(t - T_p + 2.5 T_{0.3})}{T_{0.3}} \right] \dots\dots\dots (2.30)$$

4. Pada sisi kurva turun, $t > (T_p + 2.5 T_{0.3})$

$$Q_t = Q_p(0.3) \left[\frac{(t - T_p + 1.5 T_{0.3})}{2 T_{0.3}} \right] \dots\dots\dots (2.31)$$

Bentuk HSS Nakayasu dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.8 Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

2.4.5. Cara memilih Metode

Pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor, terlepas dari kelebihan dan kelemahan kedua metoda yang tersebut di atas. Faktor – faktor tersebut adalah sebagai berikut (Suripin ,2004:31):

1. Jaring-Jaring Penakar Hujan Dalam DAS
2. Luas DAS
3. Topografi DAS

Tabel 2.11. Cara Memilih Metode Curuh Hujan

Fakto-Faktor	Syarat-Syarat	Jenis Metode
Jaring-Jaring Penakar Hujan Dalam DAS	Jumlah Pos Penakar Hujan Cukup	Metode Isohiet, Thiessen Atau Rata-Rata Aljabar Dapat Dipakai
	Jumlah Pos Penakar Hujan Terbatas	Metode Rata-Rata Aljabar Atau Thiessen
	Pos Penakar Hujan Tunggal	Metode Hujan Titik
Luas DAS	DAS Besar (>5000km ²)	Metode Isohiet
	DAS Sedang(500 S/D 5000 Km ²)	Metode Thiessen
	DAS Kecil(<500km ²)	Metode Rata-Rata Aljabar
Topografi DAS	Pegunungan	Metode Rata-Rata Aljabar
	Dataran	Metode Thiessen
	Berbukit Dan Tidak Beraturan	Metode Isohiet

Sumber : Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan (Suripin, 2004)

2.4.6. Hujan Efektif

Hujan yang jatuh di dalam suatu daerah aliran sungai (DAS) dapat berubah menjadi aliran, baik aliran di permukaan tanah atau limpasan (*run off*), aliran di alur-alur sungai, maupun aliran di bawah permukaan tanah yang masuk melalui proses infiltrasi. Hujan yang berpotensi menjadi aliran di permukaan atau limpasan disebut hujan efektif. Hujan yang jatuh di dalam suatu DAS dikurangi dengan hujan efektif sering disebut dengan kehilangan air. Kehilangan air ini dapat disebabkan oleh pepohonan (*vegetal cover*), penguapan (*evaporation*), dan infiltrasi. Nilai curah hujan efektif dihitung berdasarkan kondisi jenis tanah dan tata guna lahan yang ada di sekitar lokasi penelitian. Kondisi ini akan mempengaruhi nilai CN (*Curve Number*) yang merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanaman penutup, tata guna lahan, kelembapan dan cara pengerjaan tanah.

Dalam menghitung hujan efektif digunakan metode SCS-CN dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_e = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S} \dots\dots\dots (2.32)$$

Syarat : (P – 0,2 S) > 1

dengan:

Pe = Kedalaman hujan efektif (mm)

P = Kedalaman hujan (mm)

S = Retensi potensial maksimum air tanah, yang Sebagian adalah infiltrasi (mm)

Persamaan diatas merupakan persamaan dasar untuk menghitung kedalamanhujan efektif. Untuk menghitung retensi potensial maksimum digunakan persamaanberikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \dots\dots\dots (2.32)$$

Nilai CN untuk berbagai jenis tata guna lahan diberikan dalam tabel berikut:

Tabel 2.12 Nilai CN untuk berbagai jenis tata guna lahan

Jenis Tataguna Tanah	Tipe Tanah			
	A	B	C	D
Tanah yang diolah dan ditanami				
- dengan konservasi	72	81	88	91
- tanpa konservasi	62	71	78	81
Padang rumput				
- kondisi jelek	68	79	86	89
- kondisi baik	39	61	74	80
Padang rumput: kondisi baik	30	58	71	78
Hutan				
- tanaman jarang, penutupan jelek	45	66	77	83
- penutupan baik	25	55	70	77
Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan, dsb				
- kondisi baik: rumput menutup 75% atau lebih luasan	39	61	74	80
- kondisi sedang: rumput menutup 50% - 75% luasan	49	69	79	84
Daerah perniagaan dan bisnis (85% kedap air)	89	92	94	95
Daerah industri (72% kedap air)	81	88	91	93
Pemukiman				
Luas % kedap air				
1/8 acre atau kurang 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Tempat parkir, atap, jalan mobil (di halaman)	98	98	98	98

Sumber : Triatmodjo (2010)

Catatan: 1 acre= 0,4047 ha

Nilai CN bervariasi antara 0 – 100 dan untuk tanah dengan CN sebesar 100

berarti permukaan tanah kedap air sehingga akan menghasilkan nilai $S = 0$; yang selanjutnya diperoleh nilai $P_e = P$. Artinya hujan efektif sama dengan hujan total yang selanjutnya berubah menjadi limpasan langsung.

Dalam kenyataannya di lapangan, suatu TGL (tata guna lahan) bisa saja terdiri dari beberapa jenis tata guna. Apabila lahan terdiri dari beberapa tata guna lahan dan tipe tanah maka dihitung nilai $CN_{komposit}$ sebagaimana pada persamaan di bawah ini :

$$CN_{komposit} = CN (II) = \frac{CN_1 A_1 + CN_2 A_2 + CN_3 A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots (2.34)$$

Nilai CN pada persamaan diatas dihitung untuk kondisi kelengasan awal normal (AMC II). Untuk kondisi kering (AMC I), nilai CN ekivalen dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$CN (I) = \frac{4,2 CN (II)}{10 - 0,058 CN (II)} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dan untuk kondisi basah (AMC III) nilai CN ekivalen dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$CN (III) = \frac{23 CN (II)}{10 + 0,13 CN (II)} \dots\dots\dots (2.36)$$

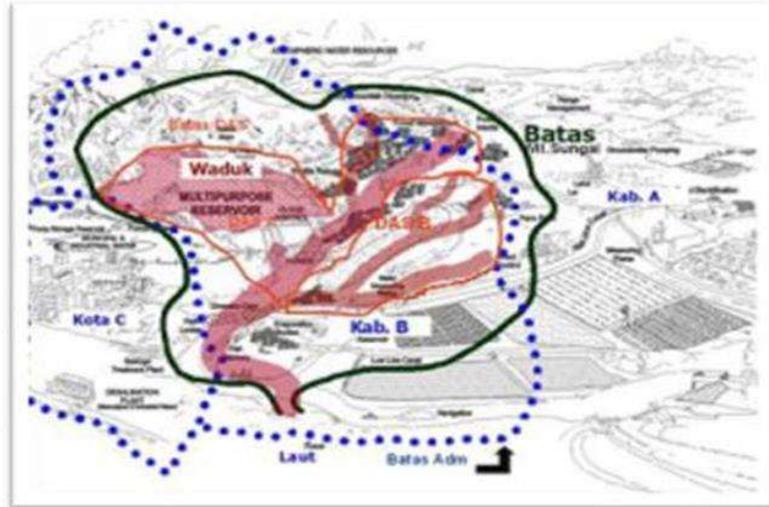
Adapun tipe atau jenis tanah sangat berpengaruh terhadap nilai hujan efektif. Tanah berpasir memiliki nilai infiltrasi tinggi sehingga hujan efektif kecil, sebaliknya nilai infiltrasi tanah lempung sangat kecil sehingga sebagian besar hujan yang jatuh ke permukaan tanah menjadi limpasan langsung. Jenis tanah dibagi dalam empat kelompok sebagai berikut:

Kelompok A : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan rendah, mempunyai lajuinfiltrasi tinggi. Terutama untuk tanah pasir (*deep sand*) dengan *silty* dan *clay* sangat sedikit, juga kerikil (*gravel*) yang sangat lulus air.

- Kelompok B: terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak rendah, laju infiltrasi sedang. Tanah berbutir sedang dengan laju meloloskan air sedang.
- Kelompok C : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak tinggi, laju infiltrasi lambat, jika tanah tersebut sepenuhnya basah. Tanah berbutir sedang sampai halus dengan laju meloloskan air lambat.
- Kelompok D : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan tinggi, mempunyai laju infiltrasi sangat lambat, terutama tanah liat (*clay*) dengan daya kembang tinggi, tanah dengan muka air tanah permanen tinggi, tanah dengan lapis lempung didekat permukaan dan tanah yang dilapisi dengan bahan kedap air. Tanah ini mempunyai laju meloloskan air sangat lambat.

2.4.7. Daerah Tangkapan Hujan (*catchment area*)

Catchment area adalah suatu daerah tangkapan hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik yaitu apabila ada hujan yang jatuh di suatu daerah harus segera dapat dibuang, untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama. Untuk menentukan daerah tangkapan hujan tergantung kepada kondisi lapangan suatu daerah dan situasi topografinya / elevasi permukaan tanah suatu wilayah disekitar saluran yang bersangkutan yang merupakan daerah tangkapan hujan dan mengalirkan air hujan ke saluran drainase. Untuk menentukan daerah tangkapan hujan (*Cathment area*) sekitar drainase dapat diasumsikan dengan membagi luas daerah yang akan ditinjau.



Gambar 2.9. Batas Daerah Aliran Sungai
 (Sumber Hidrologi Teknik, EM Wilson 1990)

2.4.8. Analisa Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.37)$$

Keterangan :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya hujan (jam)

R24 =Curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

2.4.9. Hujan dan Limpasan

Hujan dan limpasan merupakan dua fenomena yang tidak dapat dipisahkan yang saling terkait satu sama lainnya. Fenomena hujan merupakan fenomena alam yang tidak dapat diketahui secara pasti dan jelas, namun dapat dilakukan dengan perkiraan-perkiraan berdasarkan data-data hujan terdahulu. Semakin banyak data hujan yang didapat, maka akan semakin mendekati akurasi perkiraan-perkiraan yang dilakukan (Wesli, 2008).

Jumlah air yang dihasilkan akibat hujan tergantung dari intensitas hujan dan lama waktu hujan. Intensitas hujan yang besar dalam waktu yang singkat akan menghasilkan jumlah air yang berbeda dengan intensitas hujan yang kecil tetapi dalam waktu yang lama. Keadaan yang paling ekstrem adalah intensitas hujan yang besar dengan waktu yang lama. Hal ini dapat mengakibatkan banjir. Banjir dapat terjadi akibat adanya limpasan permukaan yang sangat besar yang disebabkan oleh hujan dan tidak dapat ditampung lagi oleh sungai atau saluran drainase. Di samping itu, limpasan permukaan yang berlebihan disebabkan tanah sudah jenuh air (Wesli, 2008).

Limpasan permukaan merupakan bagian dari curah hujan yang berlebihan mengalir selama periode hujan atau sesudah periode hujan. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi limpasan, diantaranya adalah tata guna lahan, daerah pengaliran, kondisi topografi dari daerah pengaliran, jenis tanah dan faktor-faktor lain seperti karakteristik sungai, adanya daerah pengaliran yang tidak langsung, daerah-daerah tampungan, drainase buatan dan lain-lain (Wesli, 2008).

Ada banyak rumus rasional yang dibuat secara empiris yang dapat menjelaskan hubungan antara hujan dengan limpasannya diantaranya adalah :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot C_s \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.38)$$

Keterangan :

Q = Debit (m³/det)

C = Koefisien limpasan

C_s = Koefisien tampungan

I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (km²)

2.4.10. Debit Air Hujan / Limpasan

Debit air hujan / limpasan adalah volume air hujan per satuan waktu yang tidak mengalami infiltrasi sehingga harus dialirkan melalui saluran drainase. Debit air limpasan terdiri dari tiga komponen yaitu *koefisien run off* (C), data intensitas curah hujan (I), dan *catchment area* (Aca).

Koefisien yang digunakan untuk menunjukkan berapa banyak bagian dari air hujan yang harus dialirkan melalui saluran drainase karena tidak mengalami penyerapan ke dalam tanah (infiltrasi). Koefisien ini berkisar antara 0 - 1 yang disesuaikan dengan kepadatan penduduk di daerah tersebut. Semakin padat penduduknya maka koefisien *run-offnya* akan semakin besar sehingga debit air yang harus dialirkan oleh saluran drainase tersebut akan semakin besar pula. Rumus debit air hujan / limpasan:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.39)$$

Keterangan :

Q = Debit aliran air limpasan (m³/detik)

C = Koefisien *run off* (berdasarkan standar baku)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran

0,278 = konstanta

Berdasarkan SNI 2415 – 2016, tentang perhitungan debit banjir rencana, dan mengacu pada SNI 03-2453-2002, tentang tata cara perencanaan sumur resapan air hujan, maka fungsi resapan dapat diganti dengan kolam retensi.

2.5. Pengertian Kolam Retensi

Kolam retensi adalah suatu bak atau kolam yang menampung atau menyimpan air sementara yang terdapat didalamnya. Konsep dasar dari kolam retensi adalah menampung volume air ketika debit maksimum di sungai datang, kemudian secara perlahan-lahan mengalirkan ketika debit di sungai sudah kembali normal.

Untuk merencanakan pembangunan kolam retensi diperlukan analisis hidrologi untuk menentukan besarnya debit banjir rencana akan berpengaruh terhadap besarnya debit maksimum maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun. Kemudian diperlukan data curah hujan untuk rancangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono, 1993). Selain data tersebut, debit air kotor juga perlu direncanakan untuk memastikan jumlah air yang masuk ke dalam kolam retensi yang akan dibangun. Selain data tersebut, debit air kotor juga perlu direncanakan untuk memastikan jumlah air yang masuk ke dalam kolam retensi yang akan dibangun.

2.5.1. Fungsi Kolam Retensi

Kolam retensi berfungsi untuk menyimpan dan menampung air sementara dari saluran pembuangan sebelum dialirkan ke sungai sehingga debit banjir dapat dikurangi. Tingkat pengurangan banjir tergantung pada karakteristik hidrograf banjir, volume kolam dan dinamika beberapa bangunan *outlet*. Wilayah yang digunakan untuk pembuatan kolam penampungan biasanya di daerah yang rendah. Dengan perencanaan dan pelaksanaan tata guna lahan yang baik, kolam retensi dapat digunakan sebagai penampungan air hujan sementara dan penyalur atau distribusi air.

Selain fungsi utamanya sebagai pengendali banjir, manfaat lain yang bisa diperoleh dari kolam retensi antara lain sebagai sarana pariwisata air dan sebagai konservasi air karena mampu meningkatkan cadangan air tanah setempat.

2.5.2. Tipe – Tipe Kolam Retensi

Kolam retensi memiliki berbagai tipe, seperti berikut :

- Kolam retensi tipe di samping badan sungai

Tipe ini memiliki bagian-bagian berupa kolam retensi, pintu inlet, bangunan pelimpah samping, pintu *outlet*, jalan akses menuju kolam retensi, ambang rendah di depan pintu outlet, saringan sampah dan kolam penangkap sedimen. Kolam retensi jenis ini cocok diterapkan apabila tersedia lahan yang luas untuk kolam retensi sehingga kapasitasnya bisa optimal. Keunggulan dari tipe ini adalah tidak mengganggu sistem aliran yang ada, mudah dalam pelaksanaan dan pemeliharaan.



Gambar 2.10 Kolam Retensi Tipe di Samping Badan Sungai

Kelengkapan Sistem:

- a. Kolam retensi
- b. Pintu
- c. Bangunan pelimpah samping
- d. Jalan akses menuju kolam retensi
- e. Saringan sampah
- f. Kolam penangkap sedimen

Kesesuaian tipe:

- a. Dipakai apabila tersedia lahan kolam retensi
- b. Kapasitas bisa optimal apabila lahan tersedia
- c. Tidak mengganggu sistem aliran yang ada
- d. Pemeliharaan lebih mudah
- e. Pelaksanaan lebih mudah

➤ Kolam retensi di dalam badan sungai

Kolam retensi jenis ini memiliki bagian-bagian berupa tanggul keliling, pintu outlet, bendung, saringan sampah dan kolam sedimen. Tipe ini diterapkan bila lahan untuk kolam retensi sulit didapat. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitas kolam yang terbatas, harus menunggu aliran air dari hulu, pelaksanaan sulit dan pemeliharaan yang mahal.



Gambar 2.11 Kolam Retensi di Dalam Badan Sungai

Kelengkapan Sistem:

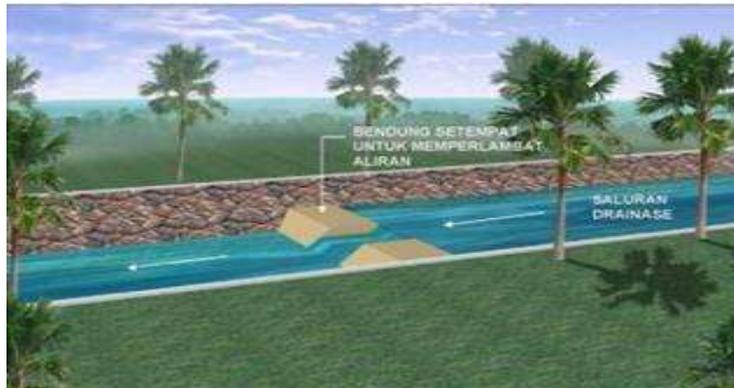
- a. Kolam retensi
- b. Tanggul keliling
- c. Pintu *outlet*
- d. Bendung
- e. Saringan sampah
- f. Kolam penangkap sedimen

Kesesuaian tipe:

- a. Dipakai apabila lahan sulit didapat
- b. Kapasitas kolam retensi terbatas
- c. Mengganggu aliran yang ada di hulu
- d. Pelaksanaan lebih sulit
- e. Pemeliharaan lebih mahal

➤ Kolam retensi tipe storage memanjang

Kelengkapan sistem dari kolam retensi tipe ini adalah saluran yang lebar dan dalam serta cek dam atau bendung setempat. Tipe ini digunakan apabila lahan tidak tersedia sehingga harus mengoptimalkan saluran drainase yang ada. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitasnya terbatas, menunggu aliran air yang ada dan pelaksanaannya lebih sulit. Ukuran ideal suatu kolam retensi adalah dengan perbandingan panjang/lebar lebih besar dari 2:1. Sedang dua kutub aliran masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) terletak kira-kira di ujung kolam berbentuk bulat telur itulah terdapat kedua mulut masuk dan keluarnya (aliran) air. Keuntungan yang diperoleh adalah bahwa dengan bentuk kolam yang memanjang semacam itu, ternyata sedimen relatif lebih cepat mengendap dan interaksi antar kehidupan (proses aktivitas biologis) di dalamnya juga menjadi lebih aktif karena terbentuknya air yang 'terus bergerak, namun tetap dalam kondisi tenang, pada saatnya tanaman dapat pula menstabilkan dinding kolam dan mendapat makanan (*nutrient*) yang larut dalam air.



Gambar 2.12 Kolam Retensi Tipe Storage Memanjang

Kelengkapan Sistem:

- a. Saluran yang lebar dan dalam
- b. Cek Dam/ bendung setempat

Kesesuaian tipe:

- a. Mengoptimalkan saluran drainase yang ada karena lahan tidak tersedia
- b. Kapasitasnya terbatas
- c. Mengganggu aliran yang ada
- d. Pelaksanaan lebih sulit

2.5.3. Tahapan Pelaksanaan Kolam Retensi

Adapun tahapan pelaksanaan kolam retensi adalah sebagai berikut :

- a. Pekerjaan persiapan
- b. Pekerjaan kolam retensi
- c. Pekerjaan tanggul keliling
- d. Pekerjaan bangunan stasiun pompa
- e. Pekerjaan bangunan rumah genset
- f. Pekerjaan saluran *inlet / outlet*
- g. Pekerjaan bangunan pintu air *inlet/outlet*
- h. Pengoperasian pintu air *inlet, outlet*
- i. Pemeliharaan kolam retensi

2.5.4. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan kolam retensi

Adapun hal – hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan kolam retensi adalah sebagai berikut :

1. Bagian tanggul atau pinggiran kolam konstruksinya harus kuat ketika mendapatkan tekanan yang tinggi. Hal ini akan berfungsi ketika aliran air yang ada dalam sungai dalam kondisi sangat deras dan volumenya tinggi.
2. Perlu untuk menempatkan ambang yang melintang di aliran utama sungai. Hal ini dilakukan agar aliran air dapat diarahkan. Saat debit air di sungai volumenya sangat tinggi, ambang akan memindahkan sebagian air untuk mengarah ke bagian utama kolam melalui pintu air.
3. Konstruksi pintu terbagi menjadi dua, yakni pintu masuknya air dan keluarnya air. Posisinya masing-masing ada di bagian hulu dan hilir.

4. Dalam masa penggunaannya, kolam secara berkala harus dikeruk. Hal ini dilakukan agar volume kolam dapat terjaga atau tidak berkurang.
5. Perlu dipasang juga saringan sampah pada kolam retensi. Konstruksi ini akan menjadi filter agar sampah dapat dikelola lebih baik.

2.5.5. Sistem operasi kolam retensi

Cara pengeperasian kolam retensi adalah sebagai berikut

- Apabila volume air meningkat dari arah hulu, maka pintu di bagian hulu akan dibuka. Sementara itu, pintu di bagian hilir ditutup.
- Ketika volume air meningkat dari hilir, pintu di bagian hilir di buka. di bagian hulu ditutup.

2.5.6. Saran Untuk Pengendalian Banjir

Adapun saran untuk pengendalian banjir adalah sebagai berikut :

1. Perlu kesadaran lebih dari masyarakat tentang pentingnya menjaga lingkungan, seperti tidak membuang sampah ke sungai.
2. Tidak mendirikan bangunan di sepanjang bantaran sungai.
3. Tidak menebang pohon sembarangan di bagian hulu.
4. Memperbanyak lahan terbuka hijau
5. Menjaga dan membersihkan saluran air secara rutin.