

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 DASAR TEORI

##### 2.1.1 Pengertian DAS

Menurut Chay Asdak dalam buku *Hidrologi dan Pengelolaan DAS* mendefinisikan DAS adalah suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung gunung, yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah tersebut dinamakan daerah tangkapan air (DTA atau *catchment area*) yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumberdaya alam. Berbagai definisi tentang Daerah Aliran Sungai (DAS) dikemukakan oleh beberapa peneliti. Dalam *Dictionary of Scientific and Technical Term DAS (watershed)* diartikan sebagai suatu kawasan yang mengalirkan air ke satu sungai utama.

Menurut Sonnevile tahun 1977 mendefinisikan DAS sebagai areal yang menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan ke sungai, baik dalam bentuk aliran permukaan (*surface run off*), aliran di bawah permukaan (*sub surface run off*) atau aliran dasar (*base flow*) yang dipisahkan secara topografi.

DAS menurut pasal 1 Undang-undang No.7 Tahun 2004 tentang sumber daya air 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 laut secara alami, dan batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Sungai menurut Suyono Sosrodarsono dalam buku *Hidrologi untuk pengairan* merupakan salah satu komponen utama lingkungan DAS. Sungai dapat diartikan suatu jaringan waduk dan penyalur air yang berada pada satu alur

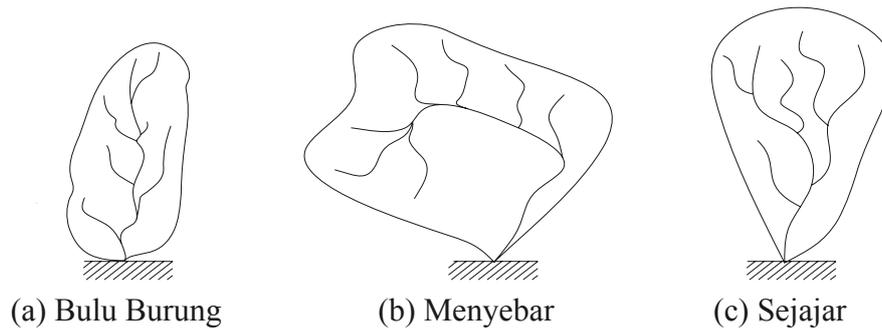
tertentu yang dibatasi oleh tebing. Secara fisiologis sungai adalah badan air yang menerima limpasan batuan hidrologi dalam daerah alirannya. Selain berfungsi mengumpulkan curah hujan dalam suatu daerah pengaliran, sungai juga digunakan untuk berbagai aspek seperti pembangkit tenaga listrik, pelayaran, pariwisata, perikanan, dan lain-lain.



Gambar 2.1 Daerah Aliran Sungai

Sumber : Ersin Seyhan, " *Dasar-dasar Hidrologi* "

Umumnya DAS yang semakin luas mencerminkan sungai yang semakin besar. DAS dapat dibagi menjadi beberapa sub-DAS. Berdasarkan karakteristik dan bentuknya, DAS dapat berbentuk seperti bulu burung, daerah pengaliran yang menyebar, dan daerah pengaliran sejajar. Bentuk-bentuk tersebut dapat digambarkan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Bentuk-bentuk DAS

Sumber : Ersin Seyhan, “ Dasar-dasar Hidrologi “

Menurut Siti marwah dalam makalah DAS sebagai satuan unit perencanaan menjelaskan bahwa DAS dapat dibagi menjadi daerah hulu, tengah dan hilir. Secara biogeofisik, daerah hulu dicirikan sebagai daerah konservasi dengan kemiringan besar, memiliki vegetasi berupa hutan, merupakan sumber erosi karena alur sungai melalui daerah pegunungan dan mempunyai kecepatan aliran yang lebih besar dari pada bagian hilir. Daerah hilir memiliki ciri-ciri kemiringan lereng yang relatif datar sehingga menjadi daerah pemanfaatan, jenis vegetasi didominasi oleh tanaman pertanian. Sementara daerah bagian tengah merupakan peralihan antara bagian hulu dan hilir, kemiringan sungai lebih landai sehingga kecepatan aliran relatif kecil.

### 2.1.2 Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan bagian dari Satuan Wilayah Sungai yang merupakan suatu kesatuan ekosistem dari beberapa komponen sumber daya utama, yaitu vegetasi, tanah, air dan manusia serta segala proses yang terjadi didalamnya. Aktifitas pemanfaatan sumberdaya alam dalam DAS yang semakin meningkat, menyebabkan daya dukung DAS tidak mampu lagi mempertahankan fungsinya secara optimal. Penurunan kualitas unsur-unsur biofisik, seperti terjadinya konversi hutan alam, meluasnya penebangan liar dan tanah gundul menimbulkan dampak yang besar terhadap lingkungan fisik maupun sosial.

Daerah aliran sungai yang diartikan sebagai bentang lahan yang dibatasi oleh pembatas topografi (*topography divide*) yang menangkap, menampung dan mengalirkan air hujan ke suatu titik putusan (*outlet*)

Departemen Pertanian Republik Indonesia (SK Mentan No.251/kpts/Um/4/1979) merumuskan pengelolaan DAS sebagai upaya manusia dalam mengendalikan hubungan timbal balik antara sumberdaya alam dengan manusia dan segala aktivitasnya dengan tujuan membina kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatkan kemanfaatan sumber daya alam bagi manusia.

Sedangkan pengelolaan DAS secara terpadu merupakan suatu proses penyusunan dan penerapan suatu tindakan yang melibatkan sumberdaya alam dan manusia di dalam DAS, dengan mempertimbangkan faktor-faktor sosial, politik, ekonomi, lingkungan dan institusi (kelembagaan) dalam DAS, untuk mencapai seluas mungkin mengembangkan lingkup dari tujuan masyarakat jangka pendek dan panjang.

Dari batasan-batasan tersebut, kata-kata penting yang menandai pengertian pengelolaan DAS terpadu adalah :

1. Pengelolaan sumber daya alam
2. Pemenuhan kebutuhan manusia sekarang dan yang akan datang
3. Kelestarian dan keserasian ekosistem
4. Pengendalian hubungan timbal balik antara sumber daya alam dan manusia
5. Penyediaan air, pengendalian erosi dan sedimentasi

Sumber : Chay Asdak “ Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai “

### 2.1.3 Limpasan

C.D. Soemarto dalam buku Hidrologi Teknik mendefinisikan bahwa semua air yang bergerak keluar dari daerah pengaliran ke suatu aliran permukaan disebut limpasan. Sebagian curah hujan yang mencapai permukaan tanah akan diserap ke dalam tanah, dan sebagian lagi yang tidak diserap akan menjadi limpasan permukaan. Limpasan sungai umumnya dibagi menjadi beberapa komponen limpasan sebagai berikut :

- a. Limpasan Permukaan  
Ini adalah pergerakan air hujan yang mengalir diatas permukaan tanah dan masuk ke sungai. Sebagian besar limpasan permukaan terjadi pada waktu hujan dan menjadi bagian utama limpasan banjir.
- b. Aliran bawah permukaan  
Air hujan yang masuk ke dalam lapisan tanah dan sebagian lagi mengalir menembus lapisan tersebut masuk ke sungai disebut aliran bawah permukaan.
- c. Limpasan air tanah  
Adalah komponen yang meresap jauh ke dalam tanah dan mengalir ke sungai sebagai air tanah.
- d. Limpasan sungai  
Air hujan yang langsung turun di atas permukaan daerah sungai.

## 2.2 METODE PENELITIAN

Dalam pemodelan, penulis menggunakan metode rasional serta metode dengan computer base yaitu program SMADA dimana hasil dari kedua metode tersebut nantinya akan menjadi hasil yang akan dianalisa dan akan dibandingkan,

### 2.2.1 Metode Rasional

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah Metode Rasional USSCS tahun 1973. Metode ini sangat simpel dan mudah penggunaannya. Cara ini merupakan cara tertua dalam menghitung debit banjir dari curah hujan, cara tersebut didasarkan atas rumus :

$$Q = C . I . A \text{ ----- (2.1)}$$

Dimana :

Q = Debit banjir yang terjadi (m<sup>3</sup>/s)

I = Intensitas hujan yang merata didaerah yang ditinjau (m/s)

A = Luas daerah pengaliran yang ditinjau (m<sup>2</sup>)

C = Koefisien Pengaliran

Sumber : "Hidrologi Teknik" C.D. Soemarto. 1999.

Metode rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata diseluruh DAS selama paling

sedikit sama dengan waktu konsentrasi ( $t_c$ ) DAS. Jika asumsi ini terpenuhi, maka curah hujan dan aliran permukaan DAS tersebut dapat digambarkan dalam grafik. Jika hujan yang terjadi lamanya kurang dari ( $t_c$ ), maka debit puncak yang terjadi lebih kecil dari  $Q_q$  karena seluruh DAS tidak dapat memberikan kontribusi aliran secara bersama pada titik kontrol (*outlet*). Sebaliknya jika hujan yang terjadi lebih lama dari  $t_c$  maka debit puncak aliran permukaan tetap sama dengan  $Q_p$

#### 2.2.1.1 Koefisien Aliran

Dalam perencanaan sistem drainase dibutuhkan suatu nilai koefisien aliran (C). Koefisien aliran adalah suatu angka yang memberikan pengertian berapa persen air yang mengalir dari bermacam-macam permukaan akibat terjadinya hujan pada suatu wilayah, atau perbandingan antara jumlah limpasan yang terjadi dengan jumlah curah hujan yang ada.

$$\text{Koefisien aliran (C)} = \frac{\text{air hujan yang dialirkan di permukaan}}{\text{air hujan yang jatuh ke permukaan}} \quad \text{---- (2.2)}$$

Koefisien aliran tergantung dari beberapa faktor yang mempengaruhinya, antara lain :

##### a. Topografi

Pada peta topografi dapat ditelusuri penyebaran sungai-sungai serta anak-anak sungainya dan data kontur lahan, yang sangat penting dalam menentukan bagian punggung ataupun lembah yang kemudian akan dipergunakan untuk menentukan batas-batas DAS (daerah aliran sungai) serta sub DAS. DAS adalah daerah tangkapan air hujan yang masuk kedalam suatu jaringan sungai yang dibatasi oleh punggung bukit yang dapat memisahkan dan membagi air hujan menjadi aliran permukaan ke masing-masing DAS.

Kemudian dari batasan DAS maupun sub DAS tersebut dapat ditentukan luas daerah tangkapan hujannya. Kemiringan lahan juga sangat penting untuk dipertimbangkan dalam perencanaan sistem drainase karena kemiringan tersebut mempengaruhi laju pergerakan aliran.

Berdasarkan keadaan topografi nilai C bervariasi berdasarkan pada kelandaian suatu daerah yaitu datar, curam atau bergelombang.

b. *Tata guna lahan*

Peta tata guna lahan menunjukkan pola serta intensitas penggunaan lahan. Perbedaan intensitas tata guna lahan mempengaruhi volume air hujan yang mengalir di permukaan dan yang kemudian masuk ke dalam badan sungai. Sedangkan persentase air hujan yang akan dialirkan tergantung dari tingkat kedapannya permukaan terhadap air. Ada tidaknya vegetasi penutup lahan juga mempengaruhi terjadinya erosi yang menyebabkan pendangkalan. Vegetasi penutup lahan tersebut berfungsi untuk :

- melindungi permukaan tanah dari tumbukan air hujan
- menurunkan kecepatan lari

Lahan yang masih asli atau berupa hutan yang masih ditumbuhi oleh tumbuhan-tumbuhan yang menutupi permukaannya akan memiliki angka koefisien yang kecil, berbeda dengan lahan yang sudah dibuka atau diolah, memiliki koefisien aliran yang besar.

c. *Jenis penutup permukaan*

Jenis penutup permukaan dapat berupa bahan yang tembus air ataupun kedap air. Jenis penutup permukaan dapat dibedakan berdasarkan dari tata guna lahan itu sendiri. Pada daerah perkotaan sebagian besar daerahnya ditutupi oleh bahan yang cukup kedap air, berupa lapisan aspal, beton dan bangunan, sehingga angka koefisien aliran akan semakin besar akibat tidak adanya lagi kemampuan untuk menyerap ke dalam tanah.

Tabel 2.1 Nilai Koefisien Run off

Character of surface	Return Period ( years )						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Developed</b>							
Asphaltic	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concrete/roof	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Grass areas ( lawns, parks, etc )							
<i>Poor condition (grass cover less than 50% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Avarege, 2-7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Steep, over 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<i>Fair condition (grass cover on 50% to 75% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Avarege, 2-7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Steep, over 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Good condition (grass cover larger than 75% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Avarege, 2-7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Steep, over 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
<b>Undeveloped</b>							
<i>Cultivated Land</i>							
Flat, 0-2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Avarege, 2-7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Steep, over 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
<i>Pasture / Range</i>							
Flat, 0-2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Avarege, 2-7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Steep, over 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Forest / Woodlands</i>							
Flat, 0-2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Avarege, 2-7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Steep, over 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Sumber : Buku Hidrologi "Applied Hydrology" by Fen Pe Chow in City of Austin, Texas

### 2.2.1.2 Curah Hujan

Data curah hujan pada titik pengamatan dapat berupa data curah hujan harian, bulanan, atau tahunan. Data curah hujan yang dibutuhkan dalam perencanaan drainase yaitu tinggi curah hujan, intensitas hujan dan periode pencatatan curah hujan (durasi).

Untuk menentukan tinggi curah hujan rata-rata diatas wilayah tertentu dari beberapa pos pengamatan dapat dilakukan dengan tiga cara yang berbeda, yaitu :

#### a. Metode rata-rata aritmatik

Metode ini dapat memberika hasil yang dapat dipercaya jika pos pengamatannya ditempatkan secara merata didalam wilayah, dan hasil penakaran masing-masing pos pengamatan tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos pengamatan diseluruh wilayah pengamatan.

Metode ini cocok digunakan untuk daerah yang datar dan memiliki pos pengamatan curah hujan yang rapat dan banyak.

Tinggi curah hujan rata-rata dapat dihitung dengan rumus :

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad \text{----- (2.3)}$$

dimana :

d = tinggi curah hujan rata-rata

$d_1, d_2, \dots, d_n$  = tinggi curah hujan pada pos pengamatan 1, 2, ..., n

n = banyaknya pos pengamatan

#### b. Metode poligon thiessen

Metode ini didasarkan rata-rata timbang/terbobot. Masing-masing pos pengamatan mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak luruh terhadap garis penghubung diantara dua buah pos penghubung.

Metode ini digunakan pada daerah dengan distribusi pengamatan curan hujan yang tidak tersebar merata didalam wilayah pengamatan. Hasil analisa dengan metode ini lebih teliti apabila dibandingkan dengan cara rata-rata aritmatik, karena dalam menentukan curah hujan wilayah dengan metode ini akan diperhitungkan persentase luas pengaruh masing-masing pos pengamatan

curah hujan. Luas pengaruh pos pengamatan yang digunakan adalah luas daerah yang berada di dalam daerah aliran sungai.

Rumus yang digunakan :

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + A_3 d_3 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A_t} \quad \text{----- (2.4)}$$

dimana :

$A_t$  = luas area total

$d$  = tinggi curah hujan rata-rata

$d_1, d_2, \dots, d_n$  = tinggi curah hujan di pos pengamatan 1, 2, ..., n

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = luas area pengaruh di pos pengamatan 1, 2, ..., n

c. *Metode isohyet*

Metode ini adalah metode yang paling teliti untuk mendapatkan curah hujan wilayah rata-rata. Tetapi metode ini memerlukan pos pengamatan curah hujan yang cukup rapat atau banyak di dalam daerah pengamatan, sehingga memungkinkan untuk membuat kontur tinggi curah hujan atau garis-garis isohyet.

Untuk mendapatkan suatu hasil penggambaran garis-garis isohyet yang diharapkan maka perlu diperhatikan kondisi topografi daerah seperti pengaruh bukit atau .

Rumus dari metode ini :

$$d = \frac{A_1 \frac{d_0 + d_1}{2} + A_2 \frac{d_1 + d_2}{2} + \dots + A_n \frac{d_{n-1} + d_n}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{d_{i-1} + d_i}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \text{----- (2.5)}$$

dimana :

$d$  = tinggi curah hujan rata-rata

$d_0, d_1, \dots, d_n$  = curah hujan pada isohyet 0, 1, ..., n

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = luas daerah yang dibatasi oleh isohyet yang bersangkutan.

Analisa frekuensi adalah analisa yang dilakukan untuk menentukan atau memperkirakan kejadian curah hujan berdasarkan masa ulang peristiwa yang dapat diharapkan menyamai atau lebih besar dari pada rata-rata curah hujan.

Analisa frekuensi yang digunakan berdasarkan metode Gumbel, dengan cara analitis.

$$X_T = \bar{X} + \frac{\sigma_x}{\sigma_N}(Y_T - Y_N) \quad \text{-----}(2.6)$$

Dimana :

$X_T$  = curah hujan harian maksimum sesuai dengan periode ulang  $T$  tahun

$\bar{X}$  = curah hujan harian maksimum rata-rata dari hasil pengamatan

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad \text{-----}(2.7)$$

$Y_T$  = *reduced variated*, yang besarnya tergantung pada periode ulang ( $T$ )

$Y_N$  = *reduced mean*, yang besarnya tergantung pada jumlah tahun pengamatan

$\sigma_x$  = *Standard deviation* dari data pengamatan

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad \text{-----}(2.8)$$

$\sigma_N$  = *reduced standard deviation*, tergantung dari jumlah tahun pengamatan.

Sumber : "Hidrologi Teknik" C.D. Soemarto. 1999

Menurut Sudjwardi tahun 1987 menjelaskan bahwa intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak sangat luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkkan dari langit. Sri Harto tahun 1993 menyebutkan bahwa analisis IDF memerlukan analisis frekuensi dengan menggunakan seri data yang diperoleh dari rekaman data hujan. Jika tidak tersedia waktu untuk mengamati besarnya intensitas hujan atau disebabkan oleh karena alatnya tidak ada, dapat ditempuh cara-cara empiris dengan mempergunakan rumus-rumus eksperimental seperti rumus Talbot, Mononobe, Sherman dan Ishigura

### 2.2.1.3 Intensitas Hujan (I)

Untuk mengetahui besar I yang terjadi maka curah hujan rencana yang telah diperoleh sebelumnya diubah menjadi lengkung IDF (Intensity Duration Frequency), yaitu lengkung yang menunjukkan hubungan antara intensitas hujan (tinggi hujan per satuan waktu) dengan durasi hujan (lama terjadinya satu peristiwa hujan), dimana setiap lengkung mewakili satu masa ulang ( $T_r$ ), dengan durasi hujan ( $T_d$ ) sebagai absis dan Intensitas hujan ( $I_{Tr}$ ) sebagai ordinat.

Ada beberapa rumus yang dapat digunakan untuk menghitung intensitas, antara lain :

$$I = \frac{X_{Tr,24}}{24} \left( \frac{24}{T_d} \right)^{2/3} \dots\dots\dots \text{Mononobe}$$

$$I = \frac{X}{t}$$

$$I = \frac{\left( X_{24} \frac{1218(t) + 54}{X_{24} \cdot (1-t) + 1272(t)} \right) \left( \sqrt{\frac{11300(t)}{(t+3,12)}} \right)}{t} \dots\dots\dots \text{Hasper der}$$

Weduwen

$$I = \frac{a}{t+b} \dots\dots\dots \text{Talbot}$$

$$I = \frac{a}{t^b} \dots\dots\dots \text{Sherman}$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \dots\dots\dots \text{Ishiguro}$$

dimana,

$X_{Tr,24}$  = curah hujan harian rencana dengan masa ulang (mm)

t = waktu (durasi) curah hujan

a,b = konstanta

I = intensitas hujan (mm/jam)

Dari lengkung IDF dapat ditentukan I, yaitu dengan waktu jujuh (durasi = D) tertentu. Waktu jujuh terjadi pada waktu puncak banjir ( $T_p$ ). Dimana waktu jujuh D sama dengan waktu konsentrasi ( $T_c$ ).

Sumber : "Hidrologi Teknik" C.D. Soemarto. 1999

#### 2.2.1.4 Uji Konsistensi Data

Data-data curah hujan yang ada, sebelum kita gunakan terlebih dahulu perlu diuji konsistensinya. Cara pengujian yang dapat dilakukan, yaitu dengan Lengkung Massa Ganda ( *Double Mass Curve* )

Jika grafik hubungan antara curah hujan tahunan rata-rata kumulatif stasiun yang ditinjau dengan curah hujan tahunan rata-rata kumulatif beberapa stasiun hujan yang berdekatan menunjukkan garis lurus, maka data hujan stasiun yang ditinjau konsisten . Kekonsistenan data didasarkan pada seberapa besar sudut yang terbentuk dari penyimpangan kurva yang terjadi yang disimbolkan dengan alfa ( $\alpha$ ). Untuk konsisten data, alfa ( $\alpha$ ) tidak boleh dari  $10^\circ$  ( $\alpha < 0$ )

### 2.2.2 Perhitungan Hidraulika

#### 2.2.2.1 Kapasitas Saluran

Perhitungan kapasitas saluran dipengaruhi oleh kecepatan aliran dan luas penampang saluran. Kecepatan dipengaruhi oleh penampang hidrolis saluran, panjang saluran dan kemiringan saluran. Mencari kecepatan dapat menggunakan rumus Manning berikut ini :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \text{-----}(2.9)$$

Dimana,

V = kecepatan aliran rata-rata (m/s)

n = koefisien kekasaran Manning

R = jari-jari hidroli(m) =  $\frac{A}{O}$  -----(2.10)

S = kemiringan saluran

A = luas penampang melintang basah (m<sup>2</sup>)

O = keliling penampang basah ( m )

Tabel 2.2 Nilai Koefisien Kekasaran Manning

Dinding Saluran	Kondisi	n
Kayu	Papan-papan rata, dipasang rapi	0,010
	Papan-papan rata, dipasang kurang rapi	0,012
	Papan-papan kasar, dipasang rapi	0,012
	Papan-papan kasar, dipasang kurang rapi	0,014
Metal	Halus	0,010
	Dikeling	0,015
	Sedikit kurang rata	0,020
Pasangan Batu	Plesteran Semen halus	0,010
	Plesteran Semen dan pasir	0,012
	Beton dilapis baja	0,012
	Beton dilapis kayu	0,013
	Batu bata kosong yang baik kasar	0,015
	Pasangan batu, keadaan jelek	0,020
Batu Kosongan	Halus dipasang rata	0,013
	batu bongkahan, batu pecah, batu belah, batu guling, dipasang dalam semen	0,017
	Kerikil halus, padat	0,020
Tanah	Rata dalam keadaan baik	0,020
	dalam keadaan biasa	0,0225
	dengan batu-batu dan tumbuh-tumbuhan	0,025
	dalam keadaan jelek	0,035
	sebagian terganggu oleh batu-batu atau tumbuhan	0,050

Sumber : "Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air" Ir. Iman Subarkah 1980

## 2.2.3 Program SMADA

### 2.2.3.1 Pengertian SMADA

Program SMADA (Storm Management and Design Aid) adalah suatu program yang berfungsi untuk mengelola aliran sungai melalui analisa hidrologi yang lengkap, untuk memperoleh debit dari curah hujan yang turun pada DAS alur sungai pengamatan. Program ini dilengkapi pula dengan analisa hidrograf, routing sungai, analisa alur sungai, analisa statistik distribusi dan regresi, perhitungan matrix dan sebagainya. Program ini dikembangkan oleh Dr. R.D. Eaglin dari Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, University of Central Florida.

Sumber : "Buku Panduan Pemakaian SMADA 6.26

### 2.2.3.2 Tools pada SMADA

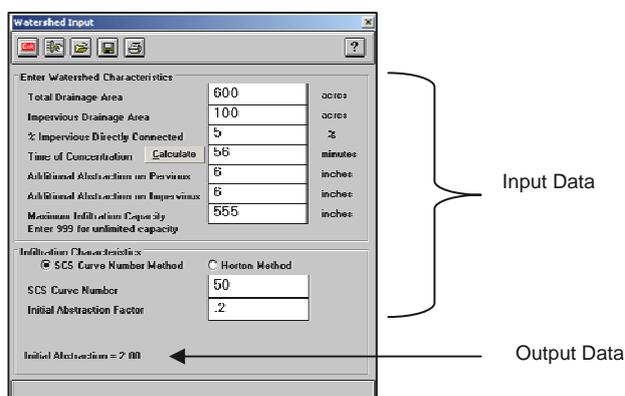
Program SMADA memiliki tampilan sebagai berikut;



Gambar 2.3 Tampilan Utama Program SMADA

### 2.2.3.3 Watershed

Menu Watershed memuat informasi mengenai sistem sungai yang akan dianalisa.



### Gambar 2.4 Tampilan Menu Watershed

Jenis input data pada menu ini adalah;

- a. Total Area = luasan dalam DAS alur sungai yang ditinjau (acre)
- b. Impervious Area = luas area yang dapat mengalirkan air tapi tidak mengalami infiltrasi misalnya area parkir atau area lain yang kedap air, aliran yang langsung mengalir ke watershed outlet ini disebut aliran langsung. (Acre)
- c. Waktu konsentrasi =  $T_c$  (jam)
- d. % Impervious = % area yang tidak mengalami infiltrasi (%)  
directly Connected

Terdapat dua cara dalam menganalisa infiltrasi pada watershed yaitu ;

#### a. Metode Horton

Metode ini memiliki empat parameter input data yaitu ;

- Maximum Infiltration = infiltrasi yang maksimum
- Horton Limiting Infiltration Rate = infiltrasi ultimate
- Horton Initial Infiltration Rate = infiltrasi
- Horton Depletion Coefficient = koefisien pengosongan

Persamaan Horton (Wanielista, 1990):

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-Kt} \quad \text{-----} \quad (2.11)$$

dimana:  $f(t)$  = Infiltration rate as a function of time

$f_c$  = Ultimate(Limiting) infiltration Rate

$f_0$  = Initial Infiltration Rate

$K$  = Recession constant (Horton Depletion Coefficient)

$t$  = time

Volume komulatif infiltrasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$F_p(Dt) = F(I_c) \quad \text{-----} \quad (2.12)$$

dimana:  $F_p(Dt)$  = Infiltrasi potensial pada waktu  $t$

$I_c$  = Jumlah komulatif infiltrasi yang ada

b. *Metode SCS-CN (soil conservation service – curve number)*

Input data yang diperlukan jika menggunakan metoda ini adalah :

- Maximum Infiltration = kapasitas maksimum infiltrasi oleh tanah dalam inch.
- Curve Number = jumlah kurva yang dihasilkan oleh SCS, untuk estimasi banyaknya infiltrasi selama hujan berlangsung, jumlah kurva kurang dari 100, >90 tidak ada infiltrasi, <50 terjadi banyak infiltrasi)
- Initial Abstraction Factor = faktor yang digunakan oleh SMADA untuk menghitung infiltrasi yang ada, biasanya menggunakan 0.2 tapi tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan nilai faktor yang lain.
- Metode Infiltrasi = metode infiltrasi dipilih type SCS karena metode ini lebih cocok dengan kondisi wilayah di indonesia

Metode SCS-CN memperkirakan infiltrasi yang terjadi. Jumlah kurva yang dipilih menggambarkan lapisan atas atau jenis tanah area. Jumlah kurva antara 25 (untuk tanah yang tertutup dengan baik oleh hutan dan tanah masuk dalam kelas A) sampai 98 (untuk permukaan yang tertutupi oleh paving)

Faktor Inisial abstraction menggunakan 0.2S. nilai 0.2 berdasar faktor abstraksi yang diambil.

Nilai S adalah kedalaman maksimum air tanah, dapat dihitung dengan persamaan;  

$$S = 1000/CN - 10 \text{ ----- (2.13)}$$

dimana:

CN = Curve Number

S = Maximum storage depth

Tabel 2.3 Jumlah Kurva Pervious Area

Land Use	Hydrologic Soil Class			
	A	B	C	D
Bare Ground	77	86	91	94
Alam bebas terbuka	63	77	85	88
Kebun	72	81	88	91
Padang rumput (>75%)	39	61	74	80
Padang rumput jarang (50-75%)	68	79	86	89
Area berpohon jarang	36	60	73	79
Good Pasture and Range	39	61	74	80

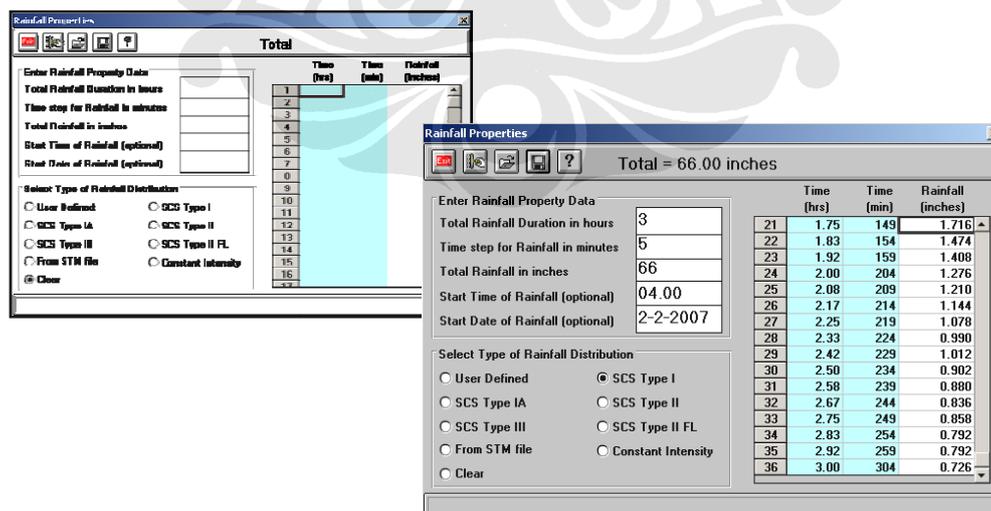
Sumber ; Adopted from USDA-SCS, 1986 and 1975

#### 2.2.3.4 Curah Hujan (rainfall)

Menu rainfall digunakan untuk menganalisa curah hujan yang turun. Volume hujan dinyatakan dalam inch pada kurun waktu tertentu.

Input data pada menu rainfall adalah ;

1. Memasukkan waktu pengaliran selama 4 jam
2. nilai step / interval waktu diambil 15 menit
3. Nilai curah hujan (inch) periode ulang yang ditinjau (inch)
4. Pilih metode distribusi yang dilakukan.

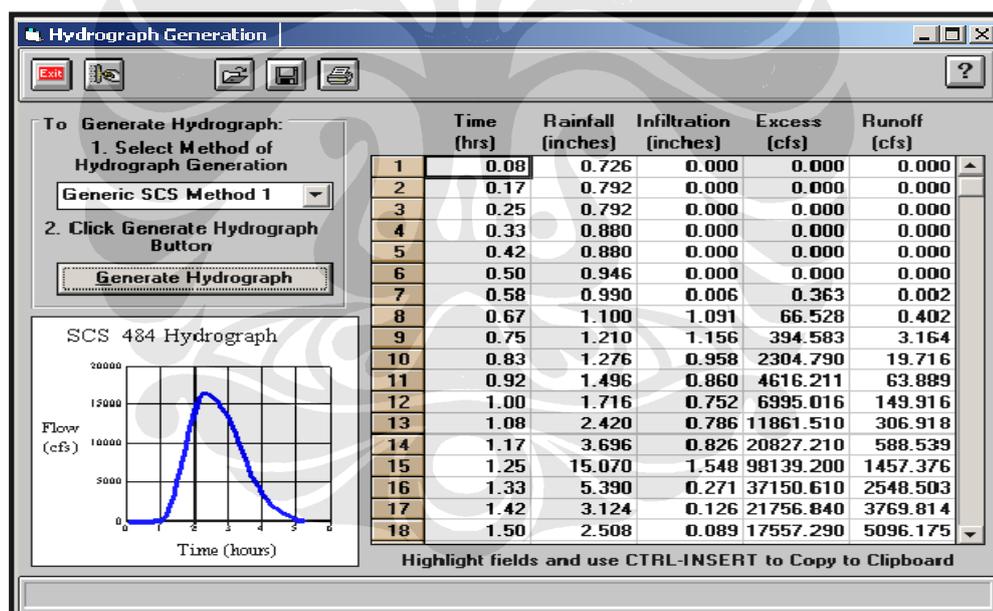


Gambar 2.5 Tampilan Menu Bar Rainfall dan Kotak Dialog

### 2.2.3.5 Hidrograf

Hidrograf yang menunjukkan hubungan antara sebaran curah hujan yang terjadi pada area tinjauan dalam lama waktu tertentu dapat ditampilkan dengan terlebih dahulu memasukkan data pada menu watershed dan rainfall.

Guna mendapatkan output hidrograf curah hujan yang dianalisa, terlebih dahulu tentukan metode hidrograf yang digunakan (SCS 484 metode 1) dan klik generate. Maka kurva hidrograf akan muncul dilayar. Hasil analisa dapat di cetak dengan klik menu print, sehingga kita dapat memperoleh nilai debit banjir rencana untuk periode ulang yang ditinjau, berdasarkan nilai sebaran curah hujan yang diperoleh. Nilai debit banjir rencana yang dihasilkan dalam satuan cfs (cubic feet per second) sehingga perlu dikonversikan dalam  $m^3/s$  untuk dapat dibandingkan dengan hasil analisa manual.



Gambar 2.6 Tampilan Menu Bar Rainfall dan Kotak Dialog

Berikut adalah beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisa hidrograf curah hujan pada kawasan selama durasi tertentu.

### 2.2.3.6 Metode SCS

Pertama yang akan di analisa pada hidrograf adalah reaksi yang timbul akibat data yang telah dimasukkan pada watershed. *Output* yang dihasilkan berupa grafik segitiga dan faktor *attenuation* (antara 100 – 645). Faktor ini menunjukkan waktu hujan, angka besar menunjukkan waktu hujannya dengan durasi yang singkat.

Grafik segitiga yang muncul akibat hubungan persamaan :

$$t_b = t_p + t_f \quad t_b = t_p + x t_p \quad \text{-----}(2.14)$$

dimana:  $t_b$  = hydrograph base time  
 $t_p$  = hydrograph time to peak  
 $t_f$  = hydrograph recession time

$x$  dapat dihitung dengan:

$$x = (2/K) - 1 \text{ untuk area dalam acre}$$

$$x = (1291/K) - 1 \text{ untuk area dalam mil}^2$$

