

II. TINJAUAN PUSTAKA

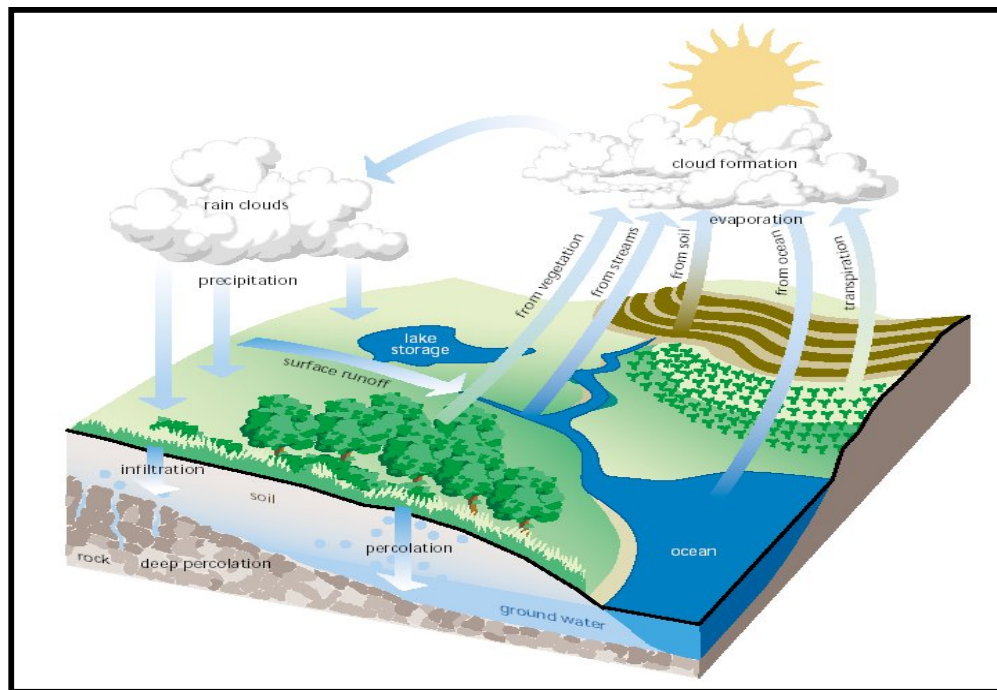
A. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi atau daur hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah dan akhirnya kembali mengalir ke laut. Air laut menguap karena adanya radiasi matahari menjadi awan, kemudian awan yang terjadi bergerak ke atas daratan karena tertiup angin. Adanya tabrakan antara butir-butir uap air akibat desakan angin menyebabkan *presipitasi*. *Presipitasi* yang terjadi berupa hujan, salju, hujan es dan embun.

Setelah jatuh ke permukaan tanah, *presipitasi* akan menimbulkan limpasan permukaan (*surface runoff*) yang mengalir kembali ke laut. Dalam perjalanan menuju ke laut beberapa bagian masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan bergerak terus ke bawah (*perkolasi*) ke dalam daerah jenuh (*saturated zone*) yang terdapat di bawah permukaan air tanah. Air di dalam daerah ini bergerak perlahan-lahan melewati *aquifer* masuk ke sungai kemudian ke laut. Air yang masuk ke dalam tanah memberi hidup kepada tumbuhan dan ada di antaranya naik lewat *aquifer* diserap akar, batang dan daun sehingga terjadi transpirasi. Transpirasi adalah penguapan pada tumbuhan melalui bagian bawah daun yaitu stomata.

Pemukaan tanah, sungai dan danau juga mengalami penguapan yang disebut *evaporasi*. Jika kedua proses penguapan di atas terjadi bersamaan maka disebut *evapotranspirasi*. Akhirnya air yang tidak menguap ataupun mengalami *infiltrasi* tiba kembali ke laut lewat sungai. Air tanah (*groundwater*) yang bergerak jauh lebih lambat keluar lewat alur-alur masuk ke sungai atau langsung merembes ke pantai. Maka seluruh siklus telah dijalani, kemudian akan berulang kembali, (Kurniawan 2009).

Daur hidrologi dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Siklus hidrologi

B. Daerah Aliran Sungai (DAS)

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*) telah secara luas diterima sebagai satuan (unit) pengolahan sumber daya alam yang ada di dalam DAS (Tim IPB 2002).

Secara umum DAS merepresentasikan suatu daerah dimana hujan yang jatuh atau aliran permukaan yang terjadi di dalam daerah tersebut akan mengalir menuju *outlet* DAS. Dengan kata lain, hujan atau aliran permukaan yang terjadi di luar DAS yang bersangkutan, tidak akan memberikan kontribusi debit terhadap *outlet* DAS yang ditinjau tersebut. Batas DAS dapat ditentukan berdasarkan peta topografi, dimana secara umum limpasan bergerak dari lahan dengan elevasi tinggi menuju lahan dengan elevasi rendah, dengan arah pergerakan tegak lurus garis kontur elevasi. Karakteristik dasar DAS yang memiliki pengaruh terhadap besarnya limpasan antara lain adalah luas DAS, bentuk, panjang saluran, kemiringan, jenis tanah, dan jenis tutupan lahan.

Cakupan luas suatu DAS bervariasi mulai dari beberapa puluh meter persegi sampai dengan ratusan ribu hektar yang memiliki komponen-komponen masukan yaitu curah hujan, komponen *output* yaitu debit aliran dan polusi/sedimen, dan komponen proses yaitu manusia, vegetasi, tanah, iklim dan topografi, sehingga Asdak (2002), menyatakan bahwa pengelolaan DAS adalah suatu proses formulasi dan implementasi kegiatan atau program yang bersifat manipulasi sumber daya alam dan manusia yang terdapat di DAS untuk memperoleh manfaat produksi dan jasa tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan sumber daya tanah dan air.

C. Pemodelan Hidrologi

Pemodelan hidrologi merupakan representasi matematik dari aliran air dan unsur-unsur pokok lainnya, baik air yang di atas ataupun di bawah permukaan tanah (Maidment, 1991). Penggunaan teknik pemodelan dalam penelitian hidrologi saat ini terlihat sudah sangat berkembang. Penelitian hidrologi menurut Pawitan (1998) dapat diartikan sebagai pendekatan dalam mempelajari hal-hwal air dan sumber daya air berdasarkan konsep daur hidrologi dalam suatu sistem DAS dengan komponen-komponen penyusun berupa sistem lahan, sumber daya air dan tanah, tanaman dan sistem sosial kemasyarakatan.

Perkembangan teknik pemodelan hidrologi DAS tersebut didukung oleh kemajuan teknologi instrumentasi, informasi dan komunikasi, seperti instrumentasi pengukuran, komputasi digital, manajemen data geografis, pengindraan jauh, komunikasi audio dan visual. Dengan melakukan kajian terhadap pemodelan hidrologi DAS, diharapkan dapat menyusun model hidrologi yang rasional, efektif, efisien yang mampu mengevaluasi dengan cepat serta mampu menduga dampak hidrologi dari perubahan-perubahan yang terjadi, baik alami maupun buatan manusia.

D. Sistem dan Model

Sebuah sistem adalah sekumpulan obyek yang bekerja dan berinteraksi bersama yang saling mendukung dari setiap bagian yang ada di dalamnya menuju satu akhir yang logis. Definisi dari sistem ini berdampak pada

sesuatu antara penyebab dan dampak/akibat, lebih dari sekedar suatu bagian A mempengaruhi bagian B terdapat pula dampak/implikasi bahwa bagian B juga mempengaruhi bagian A.

Sistem dapat dipelajari dengan pengamatan langsung atau pengamatan pada model dari sistem tersebut. Dengan kata lain, model adalah suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu (yang disepakati) dari suatu sistem nyata. Adapun sistem nyata adalah sistem yang sedang berlangsung dalam kehidupan, sistem yang dijadikan titik perhatian dan dipermasalahkan. Dengan demikian, pemodelan adalah proses membangun atau membentuk sebuah model dari suatu sistem nyata dalam bahasa formal tertentu.

Model matematika adalah sebuah model abstrak yang menggunakan bahasa matematis untuk menjelaskan perilaku dari sistem. Adapun yang dimaksud model abstrak atau sering disebut dengan istilah model konseptual adalah suatu bentuk teoritis yang mewakili sesuatu, yang diiringi oleh sekumpulan variabel serta sekumpulan hubungan logika dan hubungan kuantitatif diantara mereka. Ada beberapa pengelompokan dalam model matematika, yaitu :

1. *Linear Vs Nonlinear*

Model matematika biasanya terdiri dari variabel yang menjelaskan tentang hal-hal yang penting di dalam sebuah sistem, dan operator yang diberlakukan pada variabel-variabel tersebut, yang dapat saja berbentuk operator aljabar, fungsi, operator differensial, dan lain-lain. Sistem *linear* biasanya menunjukkan sifat yang lebih sederhana, sedangkan sistem *nonlinear* adalah sistem lebih rumit dan tidak memenuhi prinsip

superposisi. Sistem nonlinear berlaku sembarang dimana variabel yang disolusi tidak dapat ditulis sebagai jumlah *linier* komponen-komponen yang bebas (tidak gayut), merupakan sistem yang non homogen. Sistem *nonlinear* sangat sedikit dipahami dibanding soal *linear*. Namun demikian sistem *nonlinear* dapat ditransformasi menuju sistem *linear* sepanjang solusi khusus diketahui.

2. *Deterministic Vs Stochastic (probabilistic)*

Model *deterministik* adalah sebuah model yang setiap himpunan kondisi variabelnya ditentukan secara unik oleh parameter-parameter yang ada di dalam model dan dengan mengatur kondisi sebelumnya dari variabel-variabel tersebut, dengan kata lain variabelnya tidak acak atau sembarang. Dalam model tersebut, sebuah masukan yang diberikan akan selalu menghasilkan *output* yang sama. Sementara itu sebagai perbandingan, model stokastik menggunakan rentang nilai untuk variabel dalam bentuk distribusi *probabilistic*. Model *probabilistic* merupakan alat analisis statistik perkiraan, berdasarkan masa lalu (historis) data, probabilitas dari suatu peristiwa akan terjadi lagi.

3. *Static Vs Dynamic*

Model *static* tidak memperhitungkan faktor waktu, sedangkan model *dynamic* sangat memperhitungkan waktu. Model *dynamic* biasanya diwakili oleh persamaan-persamaan diferensial. Dinamika merupakan isu utama dalam proses input output sebuah sistem. Dinamika telah digambarkan oleh persamaan diferensial.

4. *Lumped Parameters Vs Distributed Parameters*

Jika sebuah model adalah *homogeneous* (kondisinya tetap/konsisten di seluruh sistem) parameter-parameternya akan mengumpul. Model *lumped parameter* adalah penyederhanaan model matematika dari sistem fisik di mana variabel yang didistribusikan bidang spasial direpresentasikan sebagai tunggal bukan skalar. Sebaliknya, jika sebuah model *heterogeneous* (kondisinya bervariasi di seluruh sistem), maka parameter-parameternya akan tersebar dengan dimensi tak terbatas. Model *distributed parameters* ini biasanya diwakili oleh persamaan-persamaan differensial parsial atau dengan persamaan diferensial keterlambatan.

E. Hidrograf

Hidrograf dapat digambarkan sebagai penyajian grafis antara salah satu unsur aliran dengan waktu (Harto, 1993). Sedangkan hidrograf limpasan didefinisikan sebagai grafik yang kontinyu yang menunjukkan sifat-sifat dari aliran sungai berkaitan dengan waktu. Normalnya diperoleh dari garis pencatatan kontinyu yang mengindikasikan debit dengan waktu (Viessman et. al., 1989).

Hidrograf memberikan gambaran mengenai berbagai kondisi (karakteristik) yang ada di DAS secara bersama-sama, sehingga apabila karakteristik DAS berubah maka akan menyebabkan perubahan bentuk hidrograf (Sosrodarsono dan Takeda 1983). Hidrograf juga menunjukkan tanggapan menyeluruh DAS terhadap masukan tertentu. Sesuai dengan sifat dan perilaku DAS yang

bersangkutan, hidrograf aliran selalu berubah sesuai dengan besaran dan waktu terjadinya masukan (Harto 1993).

(Linsley et. al., 1982) menyatakan terdapat 3 komponen penyusun hidrograf, yaitu :

1. Aliran diatas tanah (*overland flow/surface runoff*), yaitu air yang dalam perjalanannya menuju saluran melalui permukaan tanah.
2. Aliran bawah permukaan (*interflow/subsurface storm flow*), ialah sebagian air yang memasuki permukaan tanah dan bergerak ke samping melauli lapisan atas tanah sampai saluran sungai. Kecepatan pergerakan aliran bawah permukaan ini lebih lambat dibandingkan dengan aliran permukaan.
3. Aliran air tanah (*groundwater flow*) yang disebut sebagai aliran dasar.

Sedangkan Viessman *et. al.* (1989) menambahkan satu komponen lagi sebagai penyusun hidrograf. Sehingga menurutnya komponen hidrograf terdiri dari :

1. Aliran permukaan langsung
2. Aliran antara (*inter flow*)
3. Air tanah atau dasar aliran
4. Presipitasi di saluran air (*channel precipitation*)

Wilson (1990) mengemukakan bahwa mula-mula yang ada hanya aliran dasar yaitu aliran yang berasal dari tanah dan akuifer-akuifer yang berbatasan dengan sungai sang mengalir terus menerus secara perlahan-lahan sepanjang waktu. Segera setelah hujan mulai turun, terdapat suatu periode awal dari

intersepsi dan infiltrasi sebelum setiap limpasan terukur mencapai aliran sungai/anak sungai dan selama periode turunnya hujan kehilangan tersebut akan terus berlangsung tetapi dalam jumlah yang semakin kecil. Apabila kehilangan awal telah terpenuhi, maka limpasan permukaan akan terjadi dan akan berlanjut terus hingga suatu nilai puncak yang terjadi pada waktu puncak. Kemudian limpasan permukaan akan turun sepanjang sisi turun (*recession limb*) sampai hilang sama sekali.

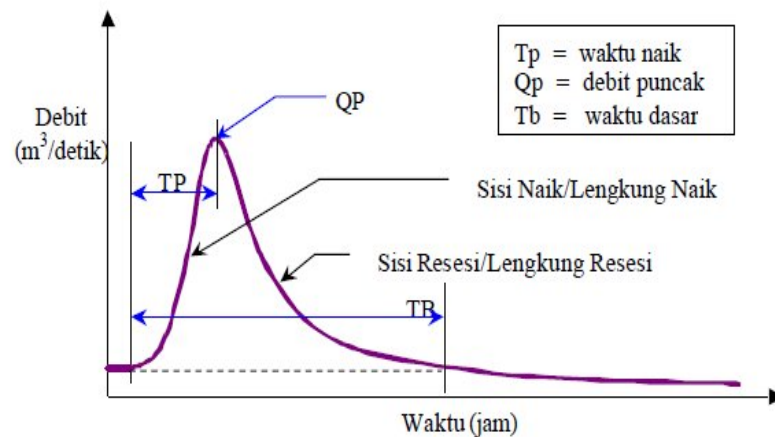
1. Bentuk Hidrograf

Bentuk hidrograf pada umumnya dapat sangat dipengaruhi oleh sifat hujan yang terjadi, akan tetapi juga dapat dipengaruhi oleh sifat DAS yang lain (Harto 1993, Viessman et. al., 1989). Seyhan (1977) mengemukakan bahwa hidrograf periode pendek terdiri atas cabang naik, puncak (maksimum) dan cabang turun. Sedangkan untuk hidrograf jangka panjang dibedakan menjadi 3 yaitu hidrograf bergigi, hidrograf halus dan hidrograf yang ditunjukkan oleh sungai-sungai besar (Ward 1967, dalam Seyhan 1977). Perbedaan antara jangka pendek dan jangka panjang tersebut tergantung pada panjang waktu dari tujuan pengamatan yang dilakukan (Kobatake, 2000).

Seyhan (1977), Viessman et. al., (1989) dan Harto (1993) membagi hidrograf menjadi 3 bagian yaitu sisi naik (*rising limb*), puncak (*crest*) dan sisi resesi (*recession limb*). Oleh sebab itu bentuk hidrograf dapat ditandai dari tiga sifat pokoknya, yaitu waktu naik (*time of rise*), debit puncak (*peak discharge*) dan waktu dasar (*base time*). Waktu naik adalah waktu yang diukur dari saat hidrograf mulai naik sampai terjadinya debit

puncak. Debit puncak (Q_p) adalah debit maksimum yang terjadi dalam kejadian hujan tertentu. Waktu dasar (T_b) adalah waktu yang diukur saat hidrograf mulai naik sampai waktu dimana debit kembali pada suatu besaran yang ditetapkan (Harto, 1993).

Karakter kontribusi air tanah pada aliran banjir sangat berbeda dari limpasan permukaan, maka kontribusi air tanah harus dianalisis secara terpisah, dan oleh karenanya salah satu syarat utama dalam analisis hidrograf ialah memisahkan kedua hal tersebut (Wilson, 1990).



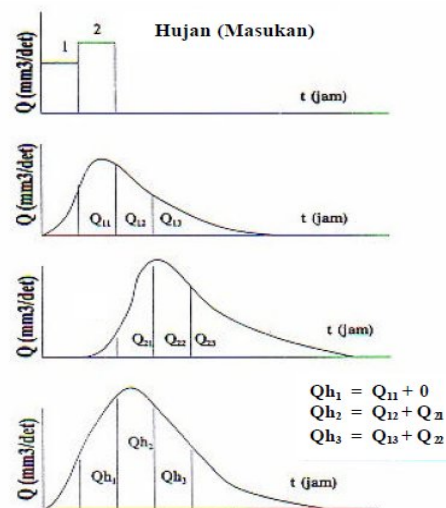
Gambar 2. Bentuk hidrograf

2. Hidrograf Satuan

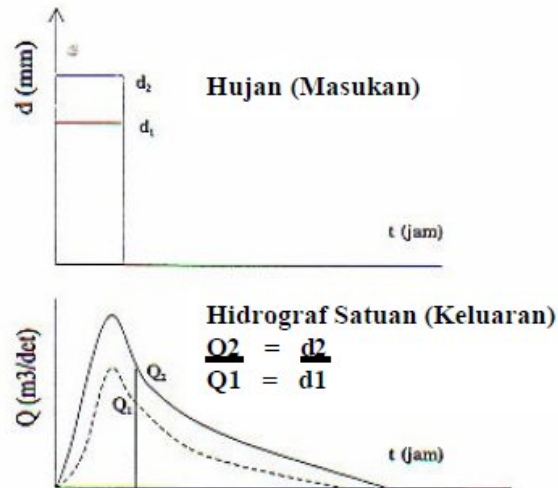
Hidrograf satuan merupakan hidrograf limpasan langsung (*direct runoff hydrograph*) yang dihasilkan oleh hujan efektif yang terjadi merata di seluruh DAS dan intensitas tetap dalam satuan waktu yang ditetapkan (Sherman, 1932, dalam Harto, 1993). Soemarto (1987) mengemukakan 4 dalil dalam teori klasik tentang hidrograf satuan, yang menganggap bahwa teori hidrograf satuan merupakan penerapan dari teori sistem

linier dalam bidang hidrologi. Keempat asumsi tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Dalil I (prinsip merata), yaitu hidrograf satuan ditimbulkan oleh satu satuan hujan lebih yang terjadi merata di seluruh DAS, selama waktu yang ditetapkan.
- b. Dalil II (prinsip waktu dasar konstan), yaitu dalam suatu DAS, hidrograf satuan dihasilkan oleh hujan-hujan efektif dalam waktu yang sama akan mempunyai waktu dasar yang sama, tanpa melihat intensitas hujannya (Gambar 3).
- c. Dalil III (prinsip linearitas), yaitu besarnya limpasan langsung pada suatu DAS berbanding lurus terhadap tebal hujan efektif, yang berlaku bagi semua hujan dengan waktu yang sama (Gambar 3).
- d. Dalil IV (prinsip superposisi), yaitu total hidrograf limpasan langsung yang disebabkan oleh beberapa kejadian hujan yang terpisah merupakan penjumlahan dari tiap-tiap hidrograf satuan (Gambar 4).



Gambar 3. Hidrograf satuan bebas terhadap waktu dan limpasannya berbanding lurus dengan tebal hujan efektif (Soemarto 1987)

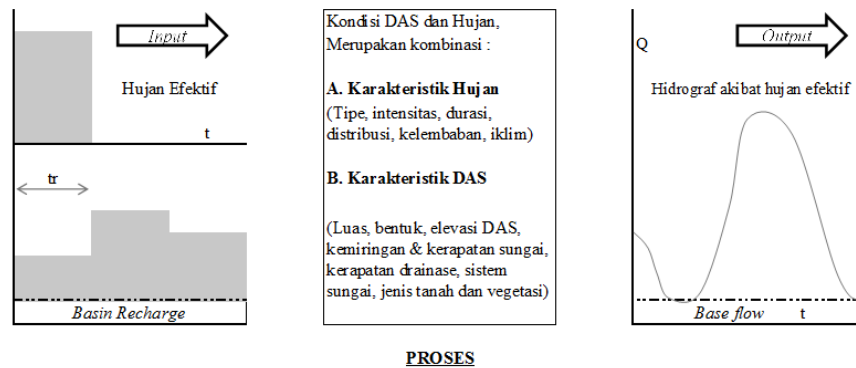


Gambar 4. Hidrograf satuan memenuhi prinsip superposisi (Soemarto 1987)

Maka DAS dipandang sebagai blok yang sistemnya ditandai oleh respon Q *input* tertentu, sebagai berikut :

- a. *Input* nyata, yaitu hujan efektif
- b. Proses merupakan kombinasi dari karakteristik hujan seperti : tipe, intensitas, durasi dan distribusi hujan, defisit kelembaban tanah, kondisi iklim serta karakteristik DAS seperti : ukuran DAS, bentuk DAS, Elevasi DAS, rerata kemiringan sungai, kerapatan sungai, kerapatan drainase, susunan sistem sungai, jenis tanah, jenis vegetasi penutup.
- c. Response (*out put*) yaitu setiap DAS mempunyai karakteristik hujan dan kondisi fisik yang berbeda, sehingga setiap hidrograf di setiap DAS, mempunyai komponen hidrograf yang berbeda.

Secara skematis sistem hidrograf satuan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sistem hidrograf satuan

Komponen hidrograf itu sendiri terdiri dari :

1. **Aliran dasar (*base flow*)** merupakan debit minimum yang masih terjadi karena adanya aliran yang keluar (*out flow*).
2. ***Rising Limb*** merupakan hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan mengalami proses kehilangan air akibat intersepsi, infiltrasi, dan kemudian sisanya menjadi limpasan air permukaan (*surface run-off*). Limpasan air menuju ke sungai dan tinggi muka air mulai bergerak naik sampai debit puncak (Q_p), disebut "*Rising Limb*" atau kurva yang menggambarkan naiknya debit aliran permukaan sejak awal pengaruh hujan sampai dengan terjadinya debit puncak.
3. ***Recession Limb*** dilakukan setelah debit puncak tercapai, selanjutnya grafik debit mulai menurun, disebut "*Recession Limb*" atau kurva yang menggambarkan turunnya debit aliran permukaan sejak tercapainya puncak sampai dengan akhir pengaruh hujan.
4. ***Inflection Point*** dianalisis setelah debitnya menurun, mulailah penarikan tampungan dari tanah karena kontribusi "*Surface run-off*" ke kontribusi "*Ground water run-off*".

5. *Time Lag/Basin Lag* adalah waktu yang diukur dari pusat *hyetorograf* (pertengahan terjadinya hujan) sampai dengan puncak hidrograf.

F. Hidrograf Satuan Sintesis

Hidrograf Satuan Sintetis adalah hidrograf yang di dasarkan atas sintetis parameter-parameter daerah aliran sungai (Sutapa, 2005). Seyhan (1977) mengemukakan bahwa beberapa parameter fisik DAS berperan dalam menentukan bentuk hidrograf satuan selain karakteristik hujan. Parameter fisik DAS tersebut adalah luas DAS, kemiringan, panjang sungai. Parameter-parameter fisik DAS itulah yang akan dipergunakan untuk menetapkan besarnya hidrograf satuan dari DAS yang bersangkutan dengan metode hidrograf satuan sintesis.

Keuntungan dari penggunaan hidrograf sintesis adalah bisa mensintesisasikan hidrograf dari DAS yang terukur dan menggunakannya untuk DAS yang tidak terukur (Seyhan, 1977). Kelemahan dari hidrograf satuan sintesis adalah karena persamaan hidrograf satuan sintesis dibuat secara empiris dengan data yang diperoleh pada tempat-tempat lokal, persamaan tersebut terbatas pada kawasan dengan kondisi geografis yang serupa dengan kawasan dimana persamaan tersebut diperoleh (Seyhan 1977, Harto 1993). Metode hidrograf satuan sintesis yang saat ini umum digunakan di Indonesia antara lain adalah metode Snyder-SCS, Nakayasu, GAMA-1.

1. Hidrograf Satuan Sintesis Snyder

Snyder beranggapan bahwa karakteristik DAS yang mempunyai pengaruh terhadap hidrograf satuan sintesis adalah luas DAS, bentuk DAS, topografi, kemiringan saluran, kerapatan sungai dan daya tampung saluran. Persamaan-persamaan yang diturunkan menggunakan metode Snyder (Seyhan 1977, *et al.* 1982, Veissman *et al.* 1982, Harto 1993), adalah :

$$t_1 = Ct (L \times Lc)^{0.3} \quad (2.1)$$

$$tr = \frac{t_1}{5.5} \quad (2.2)$$

$$Qp = \frac{(640 \times Cp \times A)}{t_1} \quad (2.3)$$

$$T = 3 + \frac{t_1}{8} \quad (2.4)$$

$$t_{1R} = t_1 + 0.25 \times (t_R - t_1) \quad (2.5)$$

Diketahui:

t_1 = *Time lag* atau waktu capai puncak dari pusat hujan (jam)

Ct = Tetapan yang berkisar antara 0.7 – 1.0

L = Panjang sungai utama (km)

Lc = Panjang sungai diukur sampai titik terdekat dengan titik berat DAS (km)

tr = Lama hujan lebih (jam)

Cp = Tetapan berkisar antara 0.35 – 0.5

t_{1R} = Waktu capai puncak bila lama hujan tidak sama dengan tr

A = Luas DAS (km²)

Q_p = Debit puncak ($m^3/detik$)

2. Hidrograf Satuan Sintesis US SCS

US SCS mengembangkan rumus dengan koefisien-koefisien empiris yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik DAS. Hidrograf satuan model US SCS terdiri dari 4 variabel pokok yaitu t_L (*time lag*), Q_p ($m^3/detik$), T_p (jam), dan T_b (jam).

Persamaan-persamaan yang dikembangkan dari model ini adalah sebagai berikut (Wanielista *dkk*, 1997) :

a. Persamaan *time lag* (t_L)

$$t_L = \frac{L^{0.8} \times (S+1)^{0.7}}{1900 \times Y^{0.5}} \quad (2.6)$$

Diketahui:

t_L = Waktu tenggang (*time lag*) antara terjadinya hujan lebih sampai terjadinya aliran puncak (jam)

L = Panjang sungai utama (km)

S = Retensi maksimum (cm), $S = 1000/CN - 10$

CN = Bilangan kurva (*curve number*), yaitu suatu indeks yang menyatakan pengaruh bersama tanah, penggunaan tanah, perlakuan terhadap tanah pertanian, keadaan hidrologi, dan kandungan air tanah sebelumnya

Y = Kemiringan lereng (%)

b. Persamaan *time to peak* (T_p)

$$T_p = \frac{D}{2} + t_L \quad (2.7)$$

Diketahui:

T_p = Waktu yang diperlukan untuk mencapai laju aliran puncak (jam)

t_L = Waktu tenggang (*time lag*) antara terjadinya hujan lebih sampai terjadinya aliran puncak (jam)

c. Persamaan *peak discharge* (Q_p)

$$Q_p = \frac{484 \times A}{T_p} \quad (2.8)$$

Diketahui:

Q_p = Debit puncak/laju puncak aliran permukaan ($m^3/detik$)

T_p = Waktu yang diperlukan untuk mencapai laju aliran puncak (jam)

A = Luas DAS (km^2)

d. Persamaan *time base* (T_b)

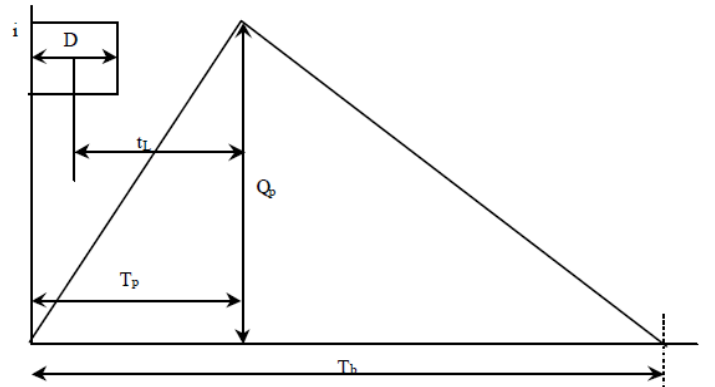
$$T_b = 2,67 \times T_p \quad (2.9)$$

Diketahui:

T_b = Waktu dasar (jam)

T_p = Waktu yang diperlukan untuk mencapai laju aliran puncak (jam)

Pada penggambaran kurva hidrograf satuan sintesis, sering pula DAS kecil diambil nilai $T_b = 3 \sim 5 T_p$



Gambar 6. Bentuk hidrograf satuan sintesis US SCS

3. Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Nakayasu telah menyelidiki unit hidrograf pada beberapa sungai di Jepang. Hasil penelitian dirumuskan dengan persamaan dan tahapan perhitungan sebagai berikut :

- a. Data yang ada untuk diproses R_{24} dalam mm, panjang sungai (L) dalam km dan *catchment area* (A) dalam km^2 .
- b. Curah hujan efektif tiap jam (*hourly of distribution of effective rainfall*).
 - 1) Rata-rata hujan dari awal hingga jam ke-T

$$\bar{R}_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^{2/3} \quad (2.10)$$

Diketahui:

R_t = Rerata hujan dari awal sampai jam ke-t (mm/jam)

T = Waktu hujan sampai jam ke-t

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam

- 2) Distribusi hujan pada jam ke-T

$$R_t = t \cdot R_t - (t-1) \cdot R_{(t-1)} \quad (2.11)$$

Diketahui:

R_t = Intensitas curah hujan pada jam t (mm/jam)

$R_{(t-1)}$ = Rerata curah hujan dari awal sampai jam ke (t-1)

3) Hujan Efektif

$$R_e = f \cdot R_t \quad (2.12)$$

Keterangan :

R_e = Hujan efektif

F = Koefisien pengaliran sungai (limpasan langsung atau curah hujan)

R_t = intensitas curah hujan (mm/jam)

Nilai koefisien pengaliran dicantumkan pada Tabel 1 (Tabel Mononobe). Harga f yang berbeda-beda umumnya disebabkan oleh topografi DAS dan perbedaan penggunaan tanah.

Tabel 1. Nilai koefisien limpasan (koefisien pengaliran)

Kondisi DAS	Harga f
Daerah pegunungan yang curam	0,75 - 0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70 - 0,80
Tanah bergelombang dan hutan	0,50 - 0,75
Tanah dataran yang ditanami	0,45 - 0,60
Persawahan yang diari	0,70 - 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 - 0,85
Sungai kecil di dataran	0,45 - 0,75
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0,50 - 0,75

Sumber : Sosrodarsono, S. Kensaku, T. 2006

c. Menentukan T_p , $T_{0,3}$, dan Q_p

$$T_p = T_g + 0,8 \cdot T_r \quad (2.13)$$

$$T_r = 0,5 T_g \text{ s/d } T_g \quad (2.14)$$

$$T_g = 0,4 + 0,58 L, \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \quad (2.15)$$

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7}, \text{ untuk } L < 15 \text{ km} \quad (2.16)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g, \text{ dimana } \alpha = 1,5 - 3 \quad (2.17)$$

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \quad (2.18)$$

$$T_b = T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} + 2 T_{0,3} \quad (2.19)$$

Diketahui:

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/detik)

C = Koefisien pengaliran

A = Luas daerah pengaliran sungai (km^2)

R_o = Hujan satuan, 1 mm

T_p = Waktu puncak (jam)

α = Nilai Konstanta (1,5 – 3)

$\alpha = 2$ untuk daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5$ bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian
menurun yang cepat

$\alpha = 3$ bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian
menurun yang lambat

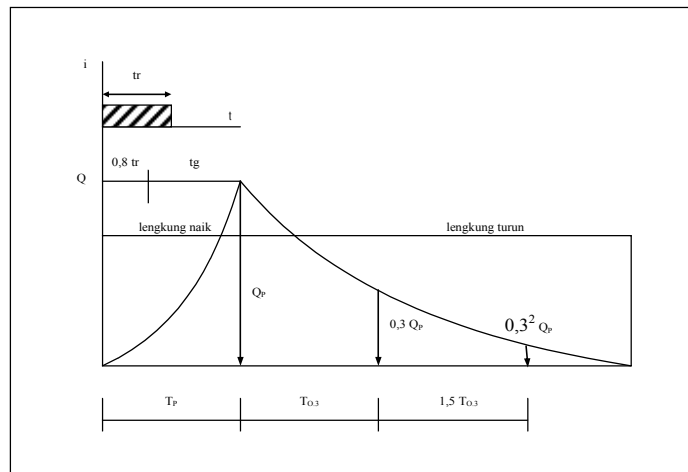
$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan untuk penurunan debit, dari debit
puncak menjadi 30 % dari debit puncak (jam)

T_r = Satuan waktu hujan

T_g = Waktu konsentrasi (*time lag*) dalam jam, ditentukan berdasarkan L

T_b = *Time Base*

d. Menentukan keadaan kurva sebagai berikut



Gambar 7. Sketsa perhitungan hidrograf satuan sintesis Nakayasu

1) Keadaan kurva naik, dengan $0 < t < T_p$

$$Qt = Qp \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (2.20)$$

2) Keadaan kurva turun dengan $T_p < t < T_p + T_{0,3}$

$$Qr = Qp \cdot 0,3 \left(\frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right) \quad (2.21)$$

3) Keadaan kurva turun dengan $T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$

$$Qt = Qp \cdot 0,3 \left(\frac{t - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5 \cdot T_{0,3}} \right) \quad (2.22)$$

4) Keadaan kurva turun dengan $t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$

$$Qt = Qp \cdot 0,3 \left(\frac{t - T_p + 1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right) \quad (2.23)$$

Selanjutnya hubungan antara t dan Q/R_0 untuk setiap kondisi kurva dapat digambarkan melalui grafik.

e. Banjir Rencana (*Flood Design*)

Dihitung dengan prinsip superposisi ;

$$Q_1 = Re_1 \cdot U_1 \quad (2.24)$$

$$Q_2 = Re_1 \cdot U_2 + Re_2 \cdot U_1 \quad (2.25)$$

$$Q_3 = Re_1 \cdot U_3 + Re_2 \cdot U_2 + Re_3 \cdot U_1 \quad (2.26)$$

$$Q_n = Re_1 \cdot U_n + Re_2 \cdot U_{(n-1)} + Re_3 \cdot U_{(n-2)} \dots + Re_{(n)} \cdot U^1 \quad (2.27)$$

f. Aliran Dasar (*Base Flow*)

Aliran dasar dapat didekati sebagai fungsi luas DPS dan kerapatan jaringan sungai (Dd).

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (2.28)$$

$$Q_b = 0,475 \cdot A^{0,6444} \cdot D^{0,9435} \quad (2.29)$$

Diketahui:

Dd = Kerapatan jaringan sungai (km/km^2)

L = Panjang tebal sungai (km)

A = Luas DAS (km^2)

Q_b = Aliran dasar (m^3/detik)

Rumusan tersebut di atas merupakan rumusan empiris sehingga sebelum menerapkan rumus tersebut pada suatu daerah sungai perlu dilakukan Kalibrasi parameter yang sesuai seperti T_g , α dan pola distribusi hujan,

agar didapatkan suatu pola hidrograf yang sesuai dengan hidrograf banjir pengamatan (*observed hydrograph*).

3.1 Beberapa Penelitian di Indonesia Menggunakan HSS Nakayasu

Untuk memperkirakan besarnya debit banjir rancangan dalam suatu DAS di Indonesia sering digunakan HSS Nakayasu, berikut ini beberapa penelitian yang menggunakan HSS Nakayasu :

1. Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Banjir Rancangan Di Daerah Aliran Sungai Kodina Provinsi Sulawesi Tengah oleh Sutapa (2007) dengan kesimpulan HSS Nakayasu kurang tepat digunakan pada DAS Kodina sehingga perlu modifikasi parameter dan melakukan validasi menggunakan data tinggi muka air sebagai acuan untuk melakukan pemodelan di DAS yang tidak mempunyai AWLR di Provinsi Sulawesi Tengah.
2. Modifikasi Persamaan Hidrograf Satuan Sintetis Metoda Nakayasu Terhadap Hidrograf Satuan Observasi DAS Ciliwung Hulu Provinsi Jawa Barat oleh Agus (2007) dengan kesimpulan persamaan HSS Nakayasu tidak dapat langsung digunakan antara satu DAS dengan DAS lain sehingga perlu modifikasi HSS untuk mendapat persamaan dari beberapa DAS.
3. Analisis Banjir Rancangan Dengan Metode HSS Nakayasu Pada Bendungan Gintung, oleh Sitohang, dkk. (2011) dengan kesimpulan perhitungan debit banjir dengan Metode Nakayasu untuk perencanaan bangunan air karena diagram HSS Nakayasu memberikan gambaran mengenai debit awal hujan, saat banjir dan berakhir banjir.

4. Hidrograf Satuan Sintesis Gama I

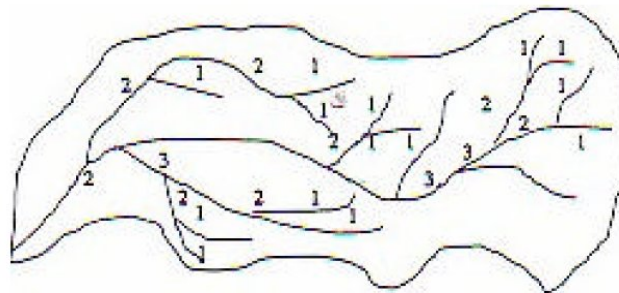
Untuk kasus di Indonesia, (Harto, 1993) menggunakan metode penentuan hidrograf satuan sintesis yang dikembangkan berdasarkan hasil penelitian terhadap 30 DAS di Pulau Jawa didapat parameter DAS.

Parameter DAS yang diperlukan dalam membuat hubungan antara pengalihan hujan menjadi debit adalah :

- a. Faktor-sumber (SF) yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai-sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai-sungai semua tingkat.

Penetapan tingkat-tingkat sungai dilakukan dengan Metode Strahler yaitu :

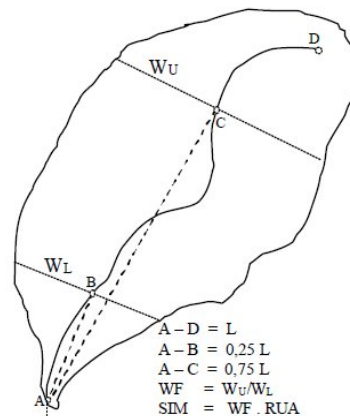
- 1) Sungai-sungai paling ujung adalah sungai tingkat satu.
- 2) Apabila dua buah sungai dengan tingkat yang sama bertemu akan terbentuk sungai satu tingkat lebih tinggi.
- 3) Apabila sebuah sungai dengan suatu tingkat bertemu dengan sungai lain dengan tingkat yang lebih rendah maka tingkat sungai pertama tidak berubah.



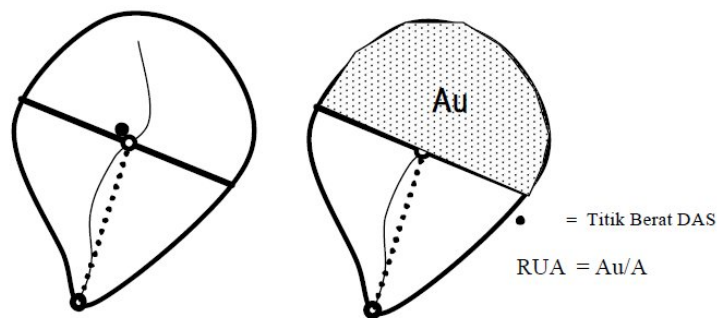
Gambar 8. Penetapan tingkatan-tingkatan sungai menurut Strahler

- b. Frekuensi sumber (SN) yaitu perbandingan antara jumlah orde sungai tingkat satu dengan jumlah orde sungai-sungai semua tingkat.

- c. Faktor lebar (WF) yaitu perbandingan antara lebar DAS yang diukur pada titik di sungai yang berjarak 0.75 L dengan lebar DAS yang diukur pada titik di sungai yang berjarak 0.25 L dari stasiun hidrometri (Gambar 9).
- d. Rasio luas DAS bagian hulu atau *Relatif Upper Area* (RUA) adalah perbandingan antara luas DAS yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara stasiun hidrometri dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS di sungai, melewati titik tersebut (A_u) dengan luas total DAS (A) (Gambar 10).
- e. Faktor-simetri (SIM) yaitu hasil kali antara faktor-lebar (WF) dengan luas DAS bagianhulu (RUA).



Gambar 9. Penentuan faktor lebar DAS



Gambar 10. Penetapan *Rrelatif Upper Area* (RUA) suatu DAS

- f. Jumlah pertemuan sungai (JN) adalah jumlah semua pertemuan sungai di dalam DAS tersebut. Jumlah ini tidak lain adalah jumlah orde sungai tingkat satu dikurangi satu.
- g. Kerapatan jaringan drainase (D) yaitu jumlah panjang sungai semua tingkat tiap satuan luas DAS.
- h. Kemiringan rata-rata DAS/Slope (S) yaitu perbandingan selisih antara ketinggian titik tertinggi dan ketinggian titik keluaran (*outlet*) pada sungai utama, dengan panjang sungai utama yang terletak pada kedua titik tersebut.
- i. Panjang sungai utama (L) yaitu panjang sungai utama yang diukur mulai dari outlet sampai ke hulu.
- j. Luas total DAS (A).

Komponen HSS Gama I terdiri dari 4(empat) variable pokok, yaitu: waktu naik atau *time to rise* (TR), debit-puncak/*peak-discharge* (Qp), waktu dasar atau *time to base* (TB), dan koefisien tampungan (K), dengan persamaan-persamaan (Sri Harto 1993) sebagai berikut :

$$TR = 0.43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1.0665SIM + 1.2775 \quad (2.30)$$

$$Qp = 0.1836A^{0.5886} TR^{-0.4008} JN^{0.2381} \quad (2.31)$$

$$TB = 27.4132TR^{0.1475} S^{-0.0986} SN^{0.7344} RUA^{0.2754} \quad (2.32)$$

Sedangkan untuk koefisien tampungan dipergunakan untuk menetapkan kurva resesi hidrograf satuan sintesis yang didekati dengan persamaan berikut :

$$K = 0.5617 A^{0.1798} S^{-0.1446} SF^{-1.0897} D^{0.0452} \quad (2.33)$$

Sesi resesi dinyatakan dalam bentuk persamaan eksponensial sebagai berikut :

$$Qt = Qp e^{\frac{-t}{k}} \quad (2.34)$$

Diketahui :

Qt = Debit dihitung pada waktu t jam setelah Qp ($m^3/detik$)

Qp = Debit puncak (dengan waktu pada saat debit puncak dianggap $t = 0$ ($m^3/detik$))

K = Koefisien tampungan

Harto (2000b) mengemukakan bahwa dari hasil penelitian yang pernah dilakukan selama ini, model Nakayasu juga cukup baik untuk dipergunakan di Indonesia meskipun memerlukan koreksi. Apabila karena suatu alasan model HSS Gama I tidak dapat dipergunakan, maka disarankan untuk menggunakan model Nakayasu dengan koreksi untuk waktu capai puncak (*time to peak*) dikalikan dengan 0.75 dan debit puncak dikalikan dengan 1.25.

G. Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Model Hidrologi

Secara harfiah SIG dapat diartikan sebagai suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumber daya manusia yang diperlakukan untuk mengelola data dan menampilkannya dalam suatu sistem informasi. Pengertian mengelola disini didalamnya terdapat beberapa proses yaitu : mengambil, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, memanipulasi, mengintegrasikan dan menganalisa.

Perbedaan GIS dengan sistem informasi yang lain adalah kemampuannya dalam melakukan penggabungan data spasial dan menganalisis data/informasi dengan menggunakan sistem pengelola basis data. Kunci dari GIS adalah penanganan dan analisis data berdasarkan lokasi geografis. Secara umum, sistem kerja GIS berdasarkan integrasi 4 komponen, yaitu : *hardware*, *software*, manajemen data dan pengguna atau *user*.

1. Tahap Proses SIG

Ruang ruang lingkup proses yang dilakukan pada GIS, yaitu :

a. Input data

Merupakan tahap awal meliputi pengumpulan data dari berbagai sumber data geografis dan mengubahnya menjadi format digital.

Sumber data geografis tersebut antara lain :

- 1) Peta analog (lembar peta cetak)
- 2) Citra penginderaan jauh (citra foto udara, citra satelit)
- 3) Data GPS
- 4) Data Statistik dan lain lain

b. Proses analisis data spasial

Setelah data dikumpulkan, tahapan selanjutnya adalah data diolah dan dianalisis untuk memberikan pola dan hasil yang diharapkan. Analisis SIG merupakan salah satu hal yang membedakan SIG dengan sistem informasi lainnya. Proses analisis ini dapat menggunakan data spasial dan non-spasial.

Proses analisis yang dapat dilakukan antara lain :

- 1) *Query* spasial atau non-spasial. merupakan cara pemilihan obyek secara spasial maupun secara non-spasial menggunakan kondisi logika.
- 2) Klasifikasi merupakan proses mengklasifikasikan kembali suatu data spasial atau non-spasial menjadi data spasial baru dengan menggunakan kriteria tertentu. Contoh dari fungsi klasifikasi adalah *dissolve*, yaitu penyederhanaan klasifikasi.
- 3) *Overlay*. Mempunyai fungsi menggabungkan dua atau lebih informasi (*layer*) yang biasanya menghasilkan informasi (*layer*) baru. Prinsip dari *overlay* adalah menggabungkan dua atau lebih layer dalam area yang sama.
- 4) *Output* atau visualisasi data. Setelah data diolah dan di analisis, tahap selanjutnya adalah membuat tampilan data. Tampilan GIS berupa peta, tabel atau deskripsi. Peta merupakan cara komunikasi grafis dari pembuat peta mengenai aspek spasial permukaan bumi, baik dalam ukuran kecil atau pun seluruh permukaan bumi.

Persyaratan peta, yaitu mempunyai *georeference*, mempunyai skala, mempunyai orientasi, terdapat informasi sumber data, mengikuti desain kartografi dan mempunyai simbol peta.

SIG menghubungkan sekumpulan unsur-unsur peta dengan atribut-atributnya didalam satuan-satuan yang disebut dengan layer. Kumpulan dari layer-layer ini akan membentuk basis data SIG. Dengan demikian, dalam perancangan basis data merupakan hal yang esensial didalam SIG.

2. Jenis Data Dalam SIG

Format data yang diolah dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) berdasarkan topologi *feature* nya, dapat berupa data spasial dan data non spasial dalam bentuk digital. Dengan demikian analisis yang dapat dilakukan adalah analisis data spasial dan analisis data atribut.

a. Data Spasial

Data spasial adalah data yang memiliki referensi ruang kebumihan (*georeference*). Setiap bagian dari data tersebut selain memberikan gambaran tentang fenomena alam, juga selalu dapat memberikan informasi mengenai lokasi dan juga penyebaran dari fenomena tersebut dalam suatu ruang. Data spasial sering di visualisasikan dalam bentuk peta dengan mengikuti kaidah-kaidah kartografis antara lain dalam penyusunan tata letak (*layout*) suatu peta.

Data spasial mempunyai dua komponen penting yang membuatnya beda dengan data dari sistem informasi lainnya, yaitu :

- 1) Informasi lokasi atau informasi spasial, seperti data koordinat (lintang, bujur atau *nerth, east*), informasi datum dan informasi sistem proyeksi.
- 2) Informasi atribut atau informasi non-spasial.

Dalam SIG, struktur data spasial suatu obyek dapat direpresentasikan dalam 2 format data, yaitu :

- 1) Format Vektor data. dalam data vektor, obyek yang ada dimuka bumi direpresentasikan sebagai titik, garis dan *polygon*.
- 2) Format Raster data atau disebut juga sebagai "*sel-grid*". yaitu data yang dihasilkan dari sistem penginderaan jauh (*remote sensing*). Pada data raster, sebuah obyek dimuka bumi direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut juga sebagai *pixel* (*picture element*). Pada data raster, resolusi tergantung pada ukuran *pixel* nya. Dengan kata lain, resolusi *pixel* menggambarkan ukuran sebenarnya dimuka bumi yang diwakili oleh setiap *pixel* pada citra. Keterbatasan utama dari data raster adalah besarnya ukuran *file*, artinya semakin tinggi resolusi *grid* nya, semakin besar pula ukuran *file* nya.

Masing-masing format data spasial mempunyai kelebihan dan kekurangan, sehingga pemilihan format data yang akan digunakan sangat tergantung pada tujuannya, ketersediaan datanya, ketelitian informasi yang diinginkan serta kemudahan dalam melakukan analisa data. Penggunaan data *vector relative* lebih ekonomis dalam ukuran (*volume*) *file* dan lebih presisi dalam informasi, sebaliknya

data raster biasanya membutuhkan ruang penyimpanan *file (hard disk)* yang lebih besar dan presisi lokasinya lebih rendah.

b. Data Non Spasial

Bagian penting dari SIG adalah pengetahuan tentang *data base* atau dalam SIG disebut sebagai *data atribut tabel*. Dalam SIG, data non spasial biasa disebut sebagai data atribut atau data deskriptif adalah data yang berisi keterangan atau penjelasan terhadap data spasialnya. Atribut digunakan sebagai identitas dari keseluruhan fitur geografi. Secara umum atribut data mempunyai aspek deskripsi kuantitatif maupun kualitatif.

Data atribut berbentuk *table*, sehingga lazim pula disebut *table atribut*. Tabee atribut memiliki kolom (*field*) dan baris (*record*), dengan format data yang digunakan adalah *dbase file (dbf)* dan atau *txt*. Database relasional sering digunakan dalam SIG untuk mengatur *file* tabular yang terdiri dari beberapa *table* ini. Sehingga dua atau lebih *table* dihubungkan oleh element yang sama bisa digabung menjadi *table* yang baru.

c. Hubungan Antara Data Spasial dan Data Non Spasial

Salah satu keunggulan SIG ini adalah mengintegrasikan data spasial dengan data atribut. Terdapat hubungan antara data spasial dan data atribut mealui beberapa fitur obyek, baik sebagai *point* (titik), garis (*line*) maupun area (*polygon*). Sehingga apabila kita membuat suatu obyek spasial dalam *software* GIS, maka obyek tersebut pasti mempunyai data atributnya.

Definisi *table atribut* adalah kumpulan data yang berhubungan dengan topik atau tema tertentu. Tabel mengorganisasikan data ke dalam kolom-kolom (*field*) data baris-baris (*record*). *Field* merupakan tempat dimana data atau informasi dalam kelompok yang sama atau sejenis dimasukkan. *Field* pada umumnya tersimpan dalam bentuk kolom secara vertikal pada tabel. *Record* merupakan data lengkap dalam jumlah tunggal yang biasanya tersimpan dalam bentuk baris secara *horizontal* pada tabel.

3. Format Data Dalam SIG

Perangkat lunak yang sering atau umum digunakan, mempunyai dua format data, yaitu *format esri shapefile* (.shp) dan *format map info file* (.tab)

4. SIG Dalam Bidang Hidrologi

Salah satu ekstensi dalam SIG yang sering digunakan dalam mengolah data dan informasi spasial untuk bidang hidrologi dan geomorfologi yaitu *Hydrology Model*. Dapat menggunakan *tools hydrology model* yang terdapat pada salah satu ekstensi *Spatial Analyst* di dalam SIG. Kemampuan model *hidrologi* SIG, yaitu: membuat DEM, pembuatan DAS, pembuat informasi spasial aliran air, menghitung akumulasi aliran, membuat jaringan sungai beserta informasi ordonya secara otomatis.

Data yang dibutuhkan untuk membuat model hidrologi ini hanya data ketinggian yang kemudian diolah menjadi DEM. Data raster DEM tersebutlah yang menjadi data dasar dalam mengolah model hidrologi tersebut. Yang paling mengesankan dari model hidrologi ini adalah pada

saat menggunakan *interactive tools*, dimana saat *user* menggunakan *rain drop* atau menu untuk menentukan lokasi jatuhnya hujan, maka secara otomatis SIG akan menginformasikan ke mana aliran dari air hujan tersebut akan mengalir.

H. Profil Kota Bandar Lampung

Kota Bandar Lampung merupakan sebuah kota sekaligus ibu kota Provinsi Lampung. Secara geografis, kota ini menjadi pintu gerbang utama pulau Sumatera, karena letaknya yaitu kurang lebih 165 km sebelah barat laut Jakarta, yang memiliki andil penting dalam jalur transportasi darat dan aktivitas pendistribusian logistik dari Pulau Jawa menuju Pulau Sumatera maupun sebaliknya.

1. Gambaran Umum Wilayah

Kota Bandar Lampung memiliki luas wilayah 197,22 km² yang terbagi ke dalam 20 Kecamatan dan 126 Kelurahan dengan populasi penduduk 879.651 jiwa (berdasarkan sensus 2010), kepadatan penduduk sekitar 8.142 jiwa/km² dan diproyeksikan pertumbuhan penduduk mencapai 1,8 juta jiwa pada tahun 2030. Saat ini kota Bandar Lampung merupakan pusat pendidikan dan kebudayaan serta perekonomian di Provinsi Lampung. Kota Bandar Lampung memiliki letak yang strategis karena merupakan daerah transit kegiatan perekonomian antar Pulau Sumatra dan Pulau Jawa sehingga menguntungkan bagi pertumbuhan dan pengembangan Kota Bandar Lampung.

2. Kondisi Geografis

Secara geografis Kota Bandar Lampung terletak pada $5^{\circ} 20'$ sampai dengan $5^{\circ} 30'$ Lintang Selatan dan $105^{\circ} 28'$ sampai dengan $105^{\circ} 37'$ Bujur Timur. Bandar Lampung terletak pada Teluk Lampung di ujung selatan Pulau Sumatera.

3. Kondisi Topografi dan Kelerengan

Topografi Kota Bandar Lampung sangatlah beragam, mulai dari dataran pantai sampai kawasan bukit hingga gunung, dengan ketinggian permukaan antara 0 - 500 m. Daerah dengan topografi perbukitan hingga bergunung membentang dari arah Barat ke Timur dengan puncak tertinggi pada Gunung Betung sebelah Barat dan Gunung Dibalau serta perbukitan Batu Serampok disebelah Timur.

Topografi tiap-tiap wilayah di Kota Bandar Lampung adalah sebagai berikut :

- a. Wilayah pantai terdapat di sekitar Teluk Betung, Panjang dan pulau di bagian Selatan.
- b. Wilayah landai/dataran terdapat di sekitar Kedaton dan Sukarame di bagian Utara.
- c. Wilayah perbukitan terdapat di sekitar Teluk Betung bagian Utara.
- d. Wilayah dataran tinggi dan sedikit bergunung terdapat di sekitar Tanjung Karang bagian Barat yaitu wilayah Gunung Betung, dan Gunung Dibalau serta perbukitan Batu Serampok dibagian Timur.

Kondisi kelerengan Kota Bandar Lampung juga sangat beragam, kondisi geografis wilayah yang berbukit serta berada di kaki Gunung Betung

merupakan faktor pembentuk kelerengan di Kota Bandar Lampung. Tingkat kemiringan lereng rata-rata wilayah di Kota Bandar Lampung berada pada kisaran 0 – 20% dan secara umum kelerengan wilayah Kota Bandar Lampung berada pada 0 – 40%, wilayah yang memiliki kemiringan lereng 0% di antaranya berada di wilayah Kecamatan Sukarame, Tanjung Karang Pusat, Tanjung Seneng, Panjang, Teluk Betung Selatan dan Kecamatan Kedaton. Adapun wilayah yang memiliki tingkat kemiringan lereng mencapai 40% di antaranya adalah Kecamatan Panjang, Teluk Betung Barat, Kemiling, dan Tanjung Karang Timur.