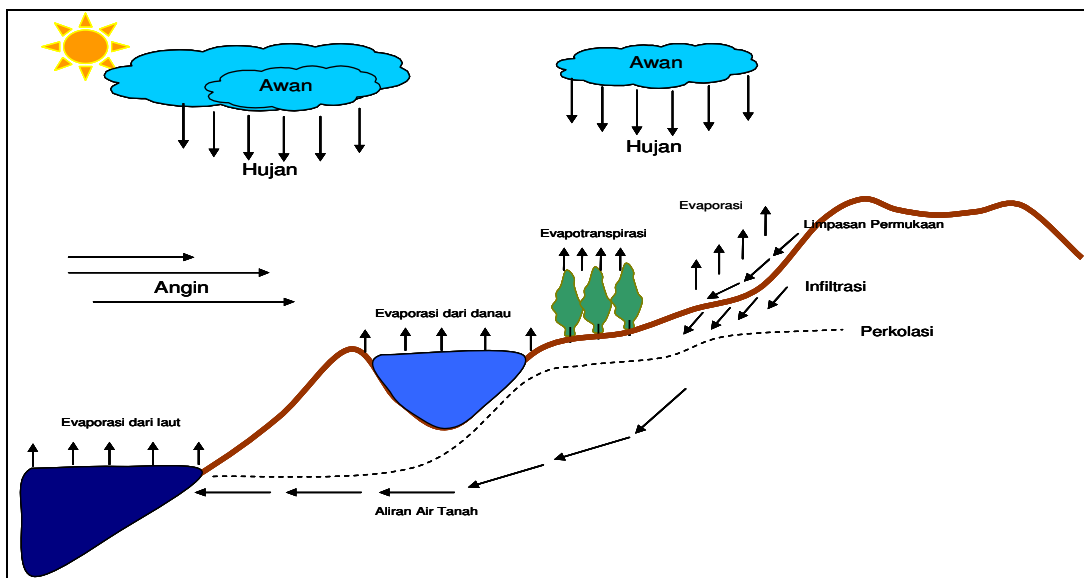


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan salah satu aspek penting yang diperlukan pada proses analisis hidrologi. Siklus hidrologi menurut Suyono (2006) adalah air yang menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sedangkan siklus hidrologi menurut Soemarto (1987) adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut kembali. Dalam siklus hidrologi ini terdapat beberapa proses yang saling terkait, yaitu antara proses hujan (*presipitation*), penguapan (*evaporation*), transpirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran limpasan (*runoff*), dan aliran bawah tanah. Secara sederhana siklus hidrologi dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi
(Sumber : Soemarto, 1987)

2.2 Hujan DAS

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses analisis hidrologi, karena kedalaman curah hujan (*rainfall depth*) yang turun dalam suatu DAS akan dialihragamkan menjadi aliran di sungai, baik melalui limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran antara (*interflow, sub-surface runoff*), maupun sebagai aliran air tanah (*groundwater flow*) (Sri Harto, 1993).

Proses pembentukan hujan terjadi karena tersedianya udara lembab yang biasanya terjadi karena adanya gerakan udara mendatar, terutama sekali yang berasal dari atas lautan, yang dapat mencapai ribuan kilometer. Terangkatnya udara keatas dapat terjadi dengan 3 cara yaitu hujan konvektif, hujan siklon (*cyclonic*) dan hujan orografik (*orographic rainfall*).

DAS Banjaran sebagai daerah penelitian analisis ketersediaan air berada di lereng gunung slamet. Secara geografis termasuk dalam daerah beriklim tropik, sehingga jenis hujan yang terjadi kemungkinan besar adalah hujan tipe siklon dan orografik (Suroso dan Hery, 2005).

Untuk memperoleh besaran hujan yang dapat dianggap sebagai kedalaman hujan, diperlukan sejumlah stasiun hujan dengan pola penyebaran yang telah diatur oleh WMO (*World Meteorological Organisation*). Alat pengukur hujan terdiri dari dua jenis, yaitu alat ukur hujan biasa (*manual raingauge*) dan alat ukur hujan otomatis (*automatic raingauge*) (Sri Harto, 1993).

Pengukuran hujan di stasiun-stasiun hujan merupakan hujan titik (*point rainfall*), sedangkan informasi yang dibutuhkan dalam analisis adalah hujan yang terjadi dalam suatu DAS tertentu (*catchment rainfall*). Untuk memperkirakan hujan

rata-rata DAS dapat dilakukan dengan beberapa metode sebagai berikut ini (Chow dan Maidment, 1988; Sri Harto, 2000).

1. Metode Aritmatik

Metode ini merupakan perhitungan curah hujan wilayah dengan rata-rata aljabar curah hujan di dalam dan sekitar wilayah yang bersangkutan.

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

\bar{R} = curah hujan rata-rata wilayah atau daerah

R_i = curah hujan di stasiun pengamatan ke-i

n = jumlah stasiun pengamatan

Hasil perhitungan yang diperoleh dengan cara aritmatik ini hampir sama dengan cara lain apabila jumlah stasiun pengamatan cukup banyak dan tersebar merata di seluruh wilayah. Keuntungan perhitungan dengan cara ini adalah lebih obyektif.

2. Metode Poligon Thiesen

Metode ini digunakan apabila dalam suatu wilayah stasiun pengamatan curah hujannya tidak tersebar merata. Curah hujan rata-rata dihitung dengan mempertimbangkan pengaruh tiap-tiap stasiun pengamatan, yaitu dengan cara menggambar garis tegak lurus dan membagi dua sama panjang garis penghubung dari dua stasiun pengamatan. Curah hujan wilayah tersebut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i R_i}{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

\bar{R} = curah hujan rata-rata wilayah atau daerah

A_i = luas wilayah pengaruh dari stasiun pengamatan ke-i

A = luas total wilayah pengamatan

Metode poligon Thiessen ini akan memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aritmatik, akan tetapi penentuan stasiun pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil. Metode ini termasuk memadai untuk menentukan curah hujan suatu wilayah, tetapi hasil yang baik akan ditentukan oleh sejauh mana penempatan stasiun pengamatan hujan mampu mewakili daerah pengamatan.

3. Metode Garis Isohyet

Metode ini dipandang lebih baik tetapi bersifat subyektif dan tergantung pada keahlian, pengalaman dan pengetahuan pemakai terhadap sifat curah hujan di wilayah setempat. Perhitungan dilakukan dengan menghitung luas wilayah yang dibatasi garis isohyet dengan planimeter. Curah hujan wilayah dihitung berdasarkan jumlah perkalian antara luas masing-masing bagian isohyet (A_i) dengan curah hujan dari setiap wilayah yang bersangkutan (R_i) kemudian dibagi luas total daerah tangkapan air (A). Secara matematik persamaan tersebut sebagai berikut :

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{R_{i-1} + R_i}{2} \right) A_i}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

\bar{R} = curah hujan rata-rata wilayah atau daerah

R_i = curah hujan di stasiun pengamatan ke-i

R_{i-1} = curah hujan di stasiun pengamatan ke-i-1

2.3 Pengukuran Debit

Menurut Soemarto (1987) debit diartikan sebagai volume air yang mengalir per satuan waktu melewati suatu penampang melintang palung sungai, pipa, pelimpah, akuifer dan sebagainya. Data debit diperlukan untuk menentukan volume aliran atau perubahan-perubahannya dalam suatu sistim DAS. Data debit diperoleh dengan cara pengukuran debit langsung dan pengukuran tidak langsung (Sri Harto, 2000). Berdasarkan keterangan dari Balai Perencanaan Sumber Daya Air Purwokerto pengukuran debit di sungai Banjarnan menggunakan pengukuran tidak langsung, yaitu dengan menggunakan liku kalibrasi.

Liku kalibrasi (*rating curve*) menurut Sri Harto (2000) adalah hubungan grafis antara tinggi muka air dengan debit. Liku kalibrasi diperoleh dengan sejumlah pengukuran yang terencana dan mengkorelasikan dua variabel yaitu tinggi muka air dan debit di suatu stasiun hidrometri. Hubungan grafis antara variabel tinggi muka air dan debit dapat dilakukan dengan menghubungkan titik-titik pengukuran dengan garis lengkung di atas kertas logaritmik.

Perhitungan debit aliran menggunakan liku kalibrasi diperoleh dengan persamaan sebagai berikut ini (Sri Harto, 2000).

$$Q = A (H + \Delta H)^B \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan :

Q = debit (m^3/dt),

A, B = tetapan,

H = tinggi muka air,

ΔH = angka koreksi, antara nol papan duga dan angka papan duga dengan $Q = 0$.

2.4 Evaporasi dan Transpirasi

Evaporasi merupakan faktor penting dalam studi tentang pengembangan sumber daya air. Evaporasi sangat mempengaruhi debit sungai, besarnya kapasitas waduk, besarnya kapasitas pompa untuk irigasi, penggunaan konsumtif untuk tanaman, analisis ketersediaan air dan lain sebagainya. Air akan menguap dari tanah, baik tanah gundul atau yang tertutup oleh tanaman dan pepohonan, permukaan tidak tembus air seperti atap dan jalan raya dan air bebas dari air yang mengalir. Laju evaporasi atau penguapan akan berubah-ubah menurut warna dan sifat pemantulan permukaan dan hal ini juga akan berbeda untuk permukaan yang langsung tersinari oleh matahari dan yang terlindung dari sinar matahari (Soemarto, 1987).

Evapotranspirasi merupakan proses evaporasi dan transpirasi yang berkaitan dengan apa yang terjadi pada tanah yang tertutup oleh tumbuh-tumbuhan. Proses transpirasi berjalan terus hampir sepanjang hari di bawah pengaruh sinar matahari. Pada malam hari pori-pori daun yang disebut stomata menutup yang menyebabkan terhentinya proses transpirasi dengan drastis. Proses evaporasi dapat berjalan terus selama ada input panas, karenanya bagian terbesar jumlah evaporasi diperoleh siang hari. Faktor lain yang penting adalah adanya air yang cukup banyak, jika jumlah air selalu tersedia secara berlebihan dari yang dibutuhkan oleh tanaman selama proses transpirasi ini maka jumlah air yang di transpirasikan akan lebih besar dibandingkan dengan apabila tersedianya air di bawah kebutuhan (Soemarto, 1987).

Perhitungan perkiraan Evapotranspirasi potensial (E_{to}) dengan rumus modifikasi Penman sebagai berikut ini (Doorenbos dkk, 1977; Sri Harto, 2000).

$$E_{to} = c(w \cdot R_n) + (1-w)f(u)(E_a - E_d) \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan :

E_{to} = Evapotranspirasi (mm/hari),

w = faktor yang berhubungan dengan suhu (t) dan elevasi daerah,

R_s = radiasi gelombang pendek (mm/hari),

$$R_s = \left(0.25 + 0.58 \frac{n}{N} \right) R_a,$$

R_a = radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer,

R_{nl} = radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari),

$$R_{nl} = \left(0.25 + 0.50 \frac{n}{N} \right) R_a \text{ (mm/hari),}$$

R_n = total radiasi bersih (mm/hari),

R_n = $R_s - R_{nl}$,

$f(t)$ = fungsi suhu/konstanta bolzman,

$f(t)$ = $\sigma \cdot T_a^4 (^{\circ}\text{C})$,

$f(E_d)$ = fungsi tekanan uap/faktor kelembaban,

$f(E_d)$ = $0.34 - 0.044\sqrt{(E_d)}$,

$$f\left(\frac{n}{N}\right) = 0.1 + 0.9\left(\frac{n}{N}\right),$$

$f(u)$ = fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 m,

$f(u)$ = $0.27(1 + 0.864u)$ (m/detik),

$(E_a - E_d)$ = perbedaan tekanan uap jenuh dengan uap sebenarnya,

E_d = $E_a \cdot R_h$,

R_h = kelembaban udara relatif (%),

c = angka koreksi Penman yang besarnya melihat kondisi siang dan malam.

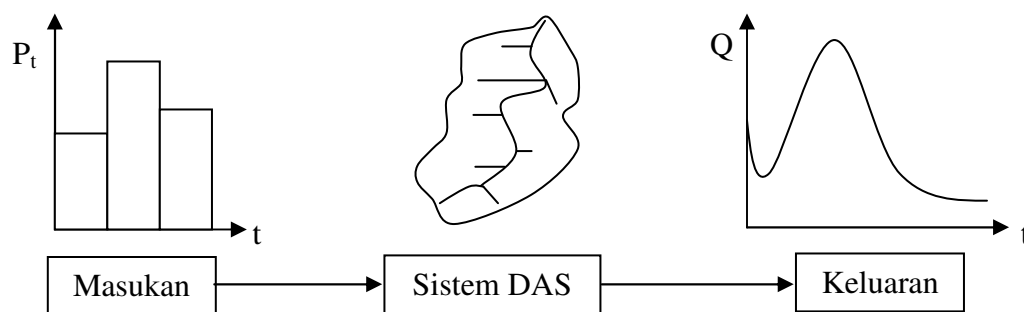
2.5 Sistem DAS

Menurut Undang-undang Republik Indonesia nomor 7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, daerah aliran sungai (*catchment, basin, watershed*) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktifitas daratan.

Sistem adalah kumpulan bagian-bagian yang terdiri dari benda/konsep yang disatukan dengan keteraturan saling berhubungan atau saling ketergantungan (Chow dalam Muliawan, 2001).

Pendekatan sistem mempunyai tujuan spesifik yaitu membangun hubungan masukan dan keluaran yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk rekonstruksi kejadian masa lalu atau untuk prakiraan kejadian yang akan datang, dengan masalah pokok yang diperhatikan adalah operasi sistem yang digunakan (Sudjarwadi, 1995).

Gambar 2.2 menyajikan ilustrasi respon DAS akibat masukan berupa hujan. Dalam gambar tersebut sistem DAS digunakan sebagai model untuk memahami konsep transformasi masukan (hujan) menjadi keluaran (debit).



Gambar 2.2 Bagan Ilustrasi Respon DAS Akibat Masukan Berupa Hujan
(Sumber : Rachmad Jayadi, 2000)

Memahami masalah pendekatan sistem DAS, tidak dapat terlepas dari pendekatan fisik seperti sistem masukan, sistem struktur/geometri, hukum-hukum fisika, dan kondisi awal serta kondisi batas. Pendekatan secara fisik pada suatu DAS sangat sulit dilaksanakan karena mempunyai beberapa persoalan yang kompleks (rumit), sehingga untuk menyelesaikan persoalan tersebut dilakukan pendekatan sistim DAS (Sudjarwadi, 1995).

2.6 Pengalihragaman Hujan-aliran

Menurut Sri Harto (2000) pengalihragaman hujan-aliran adalah suatu proses transformasi air hujan menjadi aliran yang sebenarnya, air hujan mengalir dari hulu ke hilir sampai titik kontrol sebagai aliran permukaan yang akhirnya menjadi limpasan.

Dalam proses transformasi untuk mengetahui perubahan air hujan menjadi aliran dibutuhkan suatu aturan (ketetapan) yang mencerminkan karakter DAS dalam memproses pengalihragaman hujan-aliran. Dalam hal ini aturan (ketetapan) dapat diartikan sebagai sebuah model.

Model dalam hidrologi mengandung pengertian bermacam-macam, dalam Sri Harto (2000), Clarke (1973) menyebutkan bahwa model sebagai simplifikasi dari satu sistem yang kompleks, baik berupa fisik, analog atau matematik. Sedangkan Dooge (1979), menambahkan bahwa model hidrologi selain sebagai struktur, alat, skema atau prosedur nyata atau abstrak, model hidrologi adalah sebuah hubungan antara masukan atau rangsangan, tenaga atau informasi, keluaran, dan pengaruh atau tanggapan dalam referensi waktu tertentu. Kemudian, Ponce (1989), menyatakan

bahwa model hidrologi adalah satu set pernyataan-pernyataan matematika yang menyatakan hubungan antara fase-fase dari siklus hidrologi dengan tujuan mensimulasikan transformasi hujan menjadi limpasan.

Salah satu model dalam pengalihragaman hujan menjadi aliran khususnya untuk aliran rendah (*lowflow*) adalah model HEC-HMS. Dalam model HEC-HMS pengalihragaman hujan menjadi aliran terdiri dari beberapa model dimana setiap model yang dipilih mempunyai input yang berbeda-beda. Model yang terdapat dalam HEC-HMS dapat digunakan untuk menghitung volume *runoff*, *direct runoff*, *baseflow* dan *channel flow*. Perhitungan dan penyelesaian masing-masing model mempunyai komponen berupa variabel tetap, parameter, kondisi batas dan kondisi awal.

2.7 Model HEC-HMS

Seperti yang dijelaskan dalam buku "*Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) Technical Reference Manual*", program HEC-HMS ini merupakan program komputer untuk menghitung pengalihragaman hujan dan proses *routing* pada suatu sistem DAS. *Software* ini dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Centre (HEC)* dari *US Army Corps Of Engineers*. Dalam *software* HEC-HMS terdapat fasilitas kalibrasi maupun simulasi model distribusi, model menerus dan kemampuan membaca data GIS.

Didalam HEC-HMS terdapat beberapa model yang terpisah dimana masing-masing model yang dipilih mempunyai input yang berbeda-beda. Beberapa

model yang digunakan untuk menghitung *volume runoff*, *direct runoff*, *baseflow* dan *channel flow* ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Perhitungan dan Model yang terdapat dalam HEC-HMS

Perhitungan	Model
<i>Precipitation</i>	<i>User hyetograph</i> <i>User gage weighting</i> <i>Inverse distance gage weights</i> <i>Gridded precipitation</i> <i>Frequency storm</i> <i>Standard project storm</i>
<i>Volume runoff</i>	<i>Initial and Constant rate</i> <i>SCS curve number (CN)</i> <i>Gridded SCS CN</i> <i>Green and Ampt</i> <i>Deficit and constant rate</i> <i>Soil moisture accounting (SMA)</i> <i>Gridded SMA</i>
<i>Direct runoff</i> (<i>overland flow dan interflow</i>)	<i>User-spesified unit hydrograph</i> <i>Clark's UH</i> <i>Snyder's UH</i> <i>SCS UH</i> <i>Modclark</i> <i>Kinematic wave</i>
<i>Baseflow</i>	<i>Constant monthly</i> <i>Exponential recession</i> <i>Linier reservoir</i>
<i>Channel flow</i>	<i>Kinematic wave</i> <i>Lag</i> <i>Modified Puls</i> <i>Muskingum</i> <i>Muskingum-Cunge Standard Section</i> <i>Muskingum-Cunge 8-point Section</i>

Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS*, 2000

Sesuai dengan fasilitas yang terdapat dalam HEC-HMS dan pertimbangan parameter-parameter yang dibutuhkan dan faktor ketersediaan data, maka model-model hidrologi yang dipilih dalam analisis adalah sebagai berikut ini.

1. Hujan (*Precipitation*)

Metode model hujan yang digunakan untuk masukan (*input*) berupa hujan yang terjadi dalam pemodelan menerus (*continuous model*) yaitu *user hyetograph method*. Metode ini dapat memasukan besaran hujan yang terjadi pada sebuah sub-DAS dari luar program, dimana masukan hujan untuk setiap sub-DAS berupa hujan terdistribusi.

2. Volume Aliran (*volume runoff*)

Dalam program HEC-HMS terdapat satu model yang digunakan untuk pemodelan menerus (*continuous model*) dalam menentukan volume aliran yaitu *soil moisture accounting loss model*. Model ini mampu mensimulasikan perilaku suatu DAS, baik pada saat cuaca basah maupun kering (HEC-HMS *Technical Reference Manual*).

3. Aliran Langsung (*direct runoff*)

Model *direct runoff* yang digunakan dalam model HEC-HMS adalah *Clark Unit Hydrograph model*. Model ini didasarkan atas dua konsep kritis dalam pengalihragaman hujan-aliran yaitu konsep translasi dan konsep tampungan. Konsep translasi diartikan sebagai pergerakan air yang berlebih dari asalnya melalui saluran air menuju pintu air sedangkan konsep tampungan merupakan pengurangan besarnya debit sebagai kelebihan air yang tertampung melalui tampungan air. Dalam HEC-HMS model Clark UH digunakan untuk menghitung waktu yang dibutuhkan air untuk bergerak ke pintu air dalam suatu DAS (HEC-HMS *Technical Reference Manual*).

4. Model *Baseflow*

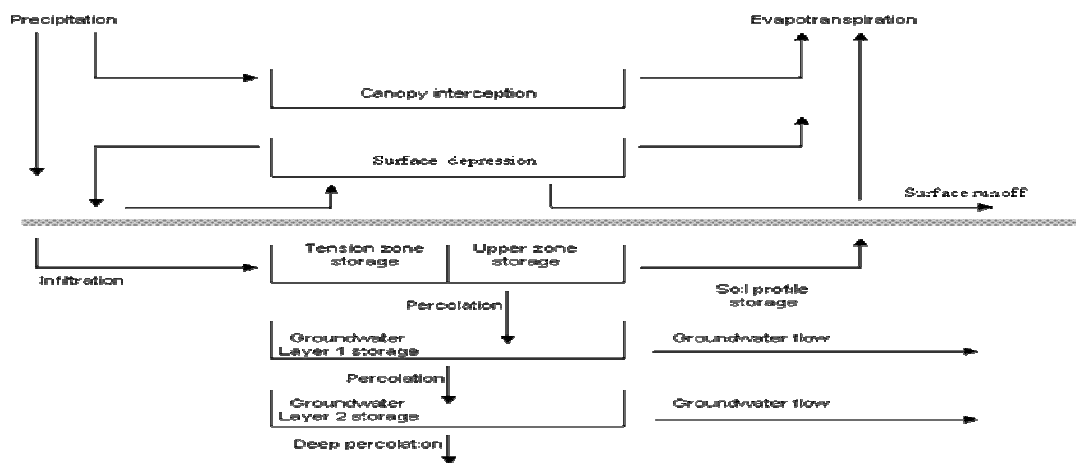
Aliran dasar (*baseflow*) merupakan aliran air yang tertahan berdasarkan hujan sebelumnya yang tertampung sementara di dalam tanah. Model *baseflow* yang digunakan dalam HEC-HMS menggunakan *exponential recession model* yang berfungsi untuk menetapkan debit aliran dasar secara eksponensial.

2.8 Model *Continuous Soil Moisture Accounting (SMA)*

Model SMA (*Soil Moisture Accounting*) ini menjabarkan masukan hujan berlebih melalui intersepsi, infiltrasi, perkolasi, evapotranspirasi dan hujan dengan menggunakan lima model tampungan, yaitu tampungan penutup tanah (*canopy interception storages*), tampungan permukaan tanah (*Surface depression storage*), tampungan profil tanah (*soil profile storage*), tampungan air tanah atas (*upper ground storage*) dan tampungan air tanah bawah (*lower groundwater storage*).

2.8.1 Komponen Tampungan

Model SMA mewakili atau menggambarkan pengaliran air dengan tampungan berurut yang berlapis-lapis, seperti diilustrasikan oleh gambar 2.3. Banyaknya air yang masuk ke, yang keluar dari, dan kapasitas lapisan-lapisan akan mengendalikan atau menentukan volume kehilangan atau penambahan air ke tiap komponen-komponen tampungan ini. Banyaknya tampungan sekarang dihitung selama simulasi dan bervariasi menerus ketika sedang terjadi atau diantara terjadinya banjir. Lapisan-lapisan tampungan yang berbeda-beda dalam model SMA akan diuraikan di bawah ini.



Gambar 2.3 Skematik Konsep Diagram Alir Perhitungan SMA
(Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS*, 2000)

1. Tampungan *Canopy-interception*

Canopy-interception mewakili hujan (*precipitation*) yang ditangkap oleh pepohonan, semak-semak, dan rerumputan, yang menghalangi air sehingga tidak sampai ke permukaan tanah. Setelah tampungan *canopy* ini penuh, maka baru air hujan akan mengisi tampungan-tampungan yang lainnya. Air di dalam tampungan *canopy-interception* akan hilang oleh peristiwa evaporasi.

2. Tampungan *Surface-interception*

Tampungan permukaan (*surface depression storage*) adalah volume air yang ditahan dalam tekanan permukaan yang dangkal. Masukan (*inflow*) untuk tampungan ini datang dari presipitasi yang tidak tertampung oleh tampungan di atasnya dan melebihi jumlah infiltrasinya (*infiltration*). Keluaran (*outflow*) dari tampungan ini adalah infiltrasi dan evapotranspirasi.

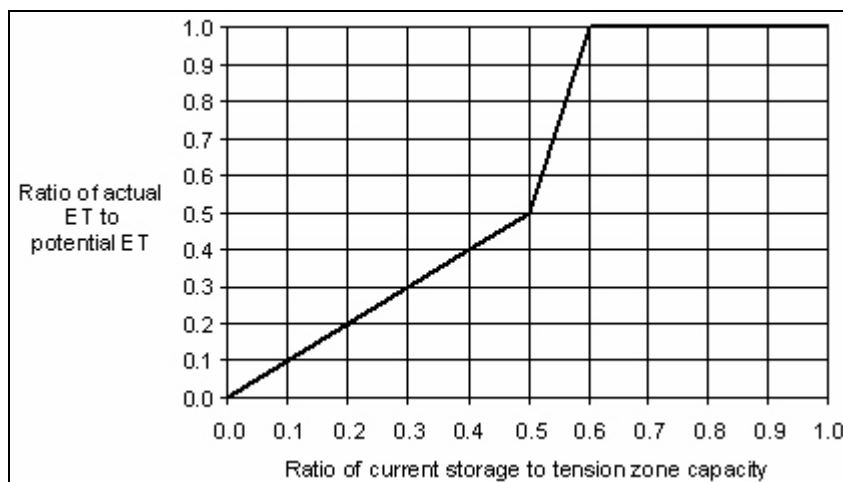
Isi dari tampungan permukaan ini pada awalnya akan dapat terinfiltrasi. Bila air yang tersedia melebihi keperluannya, maka tampungan intersepsi permukaan akan terisi, dan bila tampungan tersebut telah terisi, maka air akan dialirkan melalui aliran permukaan (*surface runoff*).

3. Tampungan Profil/Pori-tanah (*Soil -profile Storage*)

Tampungan ini mewakili air yang disimpan pada lapisan atas tanah. Masukannya (*inflow*) adalah infiltrasi dari permukaan. Keluarannya (*outflow*) berupa perkolasi ke lapisan tampungan, air tanah (*groundwater*) dan evapotranspirasi. Zona profil tanah ini dibagi dua bagian yaitu zona atas (*upper zone*) dan zona tidak jenuh (*tension zone*). Zona atas yaitu bagian tanah yang akan kehilangan air oleh evapotranspirasi dan perkolasi.

Zona tidak jenuh diartikan sebagai daerah dimana kehilangan air hanya oleh evapotranspirasi. Zona atas mewakili air yang tertahan dalam pori tanah. Sedangkan zona tidak jenuh mewakili air yang menempel di partikel tanahnya. Evapotranspirasi terjadi diawali dari zona atas lalu zona tidak jenuh kemudian evapotranspirasi akan berkurang di bawah kapasitas potensial yang terjadi dari zona tidak jenuh. Hal ini mewakili ketahanan alami yang bertambah dalam memindahkan air yang ada di partikel tanah. Evapotranspirasi dapat juga dibatasi pada volume yang tersedia di zona atas selama bulan-bulan musim hujan tertentu, yang menjelaskan akhir proses transpirasi (*transpiration*) oleh tanaman.

Disaat volume air dalam zona profil tanah mencapai zona tidak jenuh, evapotranspirasi dihitung sama dengan perkolasi. Hal ini menandakan berkurangnya kecepatan kehilangan evapotranspirasi dari profil tanah sebagai jumlah air di dalam tampungan (akibat gaya kapiler) berkurang, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Evapotranspirasi Sebagai Fungsi Simpanan Zona Tidak Jenuh
(Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS*, 2000)

4. Tampungan Air Tanah (*Groundwater Storage*)

Lapisan air tanah dalam SMA mewakili proses aliran antara (*interflow*) horisontal. Model SMA dapat memasukan satu atau dua lapisan seperti itu. Air berperkolasi ke tampungan air tanah dari profil tanah. Besarnya perkolasi adalah fungsi dari banyaknya perkolasi maksimum yang kita tentukan dan simpanan yang ada sekarang pada lapisan-lapisan antara dimana air mengalir. Berkurangnya air pada tampungan lapisan air tanah adalah dikarenakan aliran air tanah atau perkolasi antar lapisan. Perkolasi dari profil tanah masuk ke lapisan pertama. Air yang tersimpan lalu dapat terperkolasi dari lapisan 1 ke lapisan 2 air tanah atau dari air tanah lapisan 2 ke perkolasi dalam (*deep percolation*). Pada kasus terakhir tersebut, air ini akan diperhitungkan hilang dari sistem. Hal ini dikarenakan aliran akuifer tidak termasuk dalam model SMA ini.

2.8.2 Komponen Aliran

Model SMA memperhitungkan aliran yang masuk, keluar dari, dan diantara isi-isi tampungan (*storage volumes*). Aliran-aliran ini dapat berbentuk sebagai berikut ini.

1. Hujan (*precipitation*), merupakan salah satu masukan dari pada sistem tampungan. Hujan ini pertama kali akan mengisi tampungan *interception-canopy*. Bila tampungan ini telah terisi, banyaknya air yang selebihnya akan tersedia untuk infiltrasi.
2. Infiltrasi (*infiltration*), adalah air yang memasuki profil tanah dari muka tanah (*ground surface*). Air yang ada untuk infiltrasi selama waktu tertentu datang dari hujan yang lolos *interception-canopy*, ditambah air yang sudah ada di tampungan permukaannya (*surface storage*). Untuk setiap interval waktu dalam analisis, model SMA memperhitungkan banyaknya infiltrasi potensial. Jika air yang tersedia untuk infiltrasi melebihi kecepatan infiltrasi yang dihitung, kelebihannya lalu diteruskan sebagai tampungan intersepsi permukaan (*surface interception storage*).
3. Perkolasi (*percolation*), adalah pergerakan air ke bawah dari profil tanah, melalui lapisan air tanah (*groundwater*), dan masuk ke lapisan akuifer.
4. Limpasan permukaan (*surface runoff*) dan aliran air tanah (*groundwater flow*). Limpasan permukaan adalah kelebihan air dari kecepatan infiltrasi dan tampungan permukaan. Volume air ini yaitu aliran langsung (*direct runoff*). Aliran air tanah merupakan jumlah volume aliran air tanah dari tiap lapisan air tanah di akhir tiap interval waktu.

5. Evapotranspirasi (ET), adalah kehilangan air akibat *canopy interception*, tampungan permukaan (*surface depression*) dan tampungan profil tanah (*profile storage*). Dalam permodelan *Soil Moisture Accounting*, besar ET potensial saat ini diperhitungkan dari kedalaman evaporasi bulanan, dikalikan dengan koefisien koreksi yang bervariasi tiap bulannya, dan diskalakan ke interval waktu. Bila ET berasal dari tampungan intersepsi, tampungan permukaan, atau zona atas dari profil tanah, ET aktual ekivalen dengan ET potensial. Bila ET potensial berasal dari zona tidak jenuh (*tension zone*), ET aktual adalah prosentasi dari potensialnya.