

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Daerah Aliran Sungai**

Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (PP no 38, 2011).

Selama berlangsungnya daur hidrologi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti tersebut, air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga akan dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup.

#### **3.2 Debit Sungai**

Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari daerah aliran sungai. Debit air merupakan ukuran banyaknya volume air yang dapat lewat dalam suatu tempat atau yang dapat di tampung dalam suatu tempat tiap satu satuan waktu. Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit air merupakan komponen yang penting dalam pengelolaan suatu DAS.

Debit andalan (*dependable flow*) adalah besarnya debit sungai yang diharapkan selalu tersedia dan dapat dimanfaatkan dalam penyediaan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Dalam praktek ternyata debit andalan dari waktu ke waktu mengalami penurunan seiring dengan fungsi daerah tangkapan air. Penurunan debit andalan dapat menyebabkan kinerja irigasi berkurang yang mengakibatkan pengurangan areal persawahan. Antisipasi keadaan ini perlu dilakukan dengan memasukkan factor koreksi sebesar 80% sampai dengan 90% untuk debit andalan. Faktor koreksi tersebut tergantung pada kondisi perubahan DAS (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

Untuk menentukan besarnya debit andalan, dapat dihitung dengan beberapa metode yang disesuaikan dengan data yang tersedia. Data yang tersedia dapat berupa seri data debit yang dimiliki oleh setiap stasiun pengamatan debit sungai maupun data seri data curah hujan yang dimiliki oleh setiap stasiun pencatat curah hujan pada DAS Sungai yang dimaksud. Debit andalan dapat ditentukan dengan menggunakan kurva durasi massa debit yang dibentuk dengan menyusun data debit, dari debit maksimum sampai debit minimum. Susunan data dapat dinyatakan dalam bentuk gambar kurva massa atau dalam bentuk tabel. Pada kurva massa debit, ordinat adalah debit aliran sedangkan absis adalah waktu (hari) atau % waktu. Untuk bentuk tabel, data debit bulanan di urutkan dari nilai terbesar sampai terkecil, persen keandalan diperoleh dari nilai  $m/n$  yang dinyatakan dalam % dimana  $m$  adalah nomor urut dan  $n$  adalah jumlah data (Bambang Triajmodjo,2014).

### **3.3 Tataguna Lahan**

Tataguna lahan (*land use*) adalah suatu upaya dalam merencanakan penggunaan lahan dalam suatu kawasan yang meliputi pembagian wilayah untuk pengkhususan fungsi-fungsi tertentu, misalnya fungsi pemukiman, perdagangan, industri, dll. Rencana tataguna lahan merupakan kerangka kerja yang menetapkan keputusan-keputusan terkait tentang lokasi, kapasitas dan jadwal pembuatan jalan, saluran air bersih dan air limbah, gedung sekolah, pusat kesehatan, taman dan pusat-pusat pelayanan serta fasilitas umum lainnya. Tataguna lahan merupakan salah satu faktor penentu utama dalam pengelolaan lingkungan. Keseimbangan antara kawasan budidaya dan kawasan konservasi merupakan kunci dari pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan.

### **3.4 Soil And Water Assessment Tools (SWAT)**

SWAT adalah sebuah model DAS atau *river basin* yang dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold pada tahun 1990an dari USDA *Agricultural Research Service* (ARS). SWAT dibentuk untuk melakukan prediksi dampak dari manajemen lahan pertanian terhadap air, sedimentasi, dan jumlah bahan kimia, pada suatu area DAS besar dan kompleks dengan mempertimbangkan variasi jenis tanahnya, tataguna lahan, serta kondisi manajemen suatu DAS setelah melalui periode yang lama.

Untuk memenuhi permodelan, SWAT melakukan simulasi berdasarkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Jenis permodelan SWAT berdasarkan permodelan fisik, yang berarti menghasilkan output berdasarkan informasi yang spesifik mengenai iklim, karakteristik tanah, topografi, vegetasi, dan manajemen lahan pada suatu DAS. Permodelan fisik ini dapat memungkinkan model SWAT memodelkan DAS tanpa data observasi, serta dapat menghitung pengaruh alternatif data input, seperti perubahan penggunaan lahan, data iklim, dan lainnya.
2. Menggunakan input yang telah tersedia, saat SWAT akan digunakan untuk melakukan proses analisa yang lebih spesifik maka diperlukan tambahan data yang diperoleh dari instansi penelitian pemerintah.
3. Menggunakan perhitungan yang lebih efisien, sehingga dalam melakukan simulasi DAS yang luas serta dengan banyak strategi pengelolaan dapat menghemat waktu dan materi.
4. Memungkinkan pengguna untuk mempelajari dampak dalam jangka waktu yang lama.

Proses yang dimodelkan SWAT yang terjadi didalam DAS didasarkan pada neraca air. Persamaan neraca air yang digunakan dalam model SWAT dapat dilihat pada persamaan 3.1 berikut (Neitsch *et al*, 2009).

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (3.1)$$

dengan :

$SW_t$  = Kandungan akhir air tanah (mm),

$SW_o$  = Kandungan air tanah awal pada hari ke-i (mm),

$R_{day}$  = Jumlah presipitasi pada hari ke-i (mm),

$Q_{surf}$  = Jumlah *surface runoff* pada hari ke-i (mm),

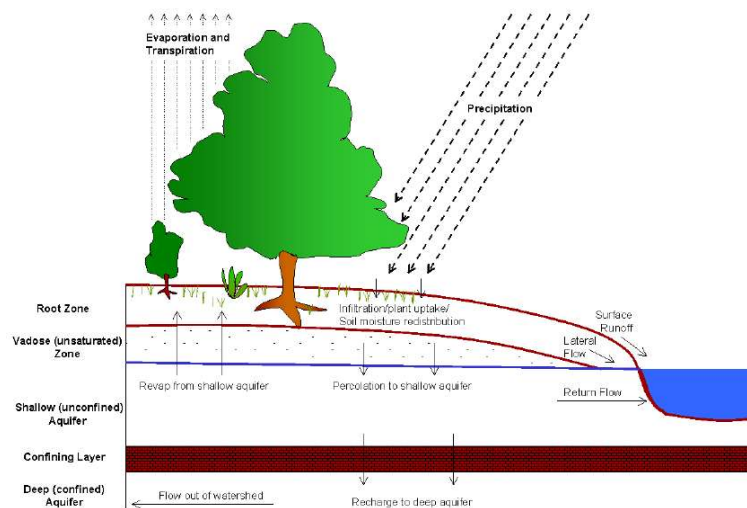
$E_a$  = Jumlah evapotranspirasi pada hari ke-i (mm),

$W_{seep}$  = Jumlah air yang memasuki *vadose zone* pada profil tanah hari ke-i (mm),

dan

$Q_{gw}$  = Jumlah aliran dasar (*base flow*) pada hari ke-i (mm).

Simulasi hidrologi DAS dengan menggunakan SWAT dapat dibagi menjadi dua bagian utama. Bagian pertama adalah fase lahan pada siklus hidrologi dan kedua adalah fase pergerakan air pada siklus hidrologi. Pada fase lahan yaitu mengontrol jumlah air, sedimen, unsur hara dan pestisida yang masuk kedalam sungai. Fase yang kedua adalah fase pergerakan air pada siklus hidrologi yang didefinisikan sebagai pergerakan air, sedimen, unsur hara dan pestisida melalui jaringan sungai sampai ke *outlet* (Neitsch *et al*, 2009). Representasi siklus hidrologi model SWAT dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



**Gambar 3.1 Representasi Siklus Hidrologi Model SWAT**  
(Sumber : Neitsch *et al*, 2009)

Dalam mengestimasi aliran permukaan ( $Q_{surf}$ ), SWAT menggunakan dua buah metode, yaitu *SCS curve number (CN)* dan *infiltrasi Green and Ampt*. Berdasarkan volume aliran permukaan dan puncaknya, dilakukan simulasi pada setiap HRU (*Hydrology Response Units*). *SCS curve number* merupakan fungsi dari permeabilitas tanah, tata guna lahan, dan kondisi air tanah. Persamaan *SCS curve number* disajikan pada persamaan 3.2 dan 3.3 berikut (Neitsch *et al*, 2009).

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0,2S)^2}{(R_{day} + 0,8S)} \quad (3.2)$$

$$S = 25,4 \left( \frac{100}{CN} - 10 \right) \quad (3.3)$$

dengan :

$R_{day}$  = Curah hujan perhari (mm) dan

$S$  = Retention parameter (mm).

Nilai CN untuk berbagai jenis tataguna lahan dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

**Tabel 3.1 Nilai CN Untuk Beberapa Tataguna Lahan**

Jenis Tataguna Tanah	Tipe Tanah			
	A	B	C	D
Tanah yang diolah dan ditanami				
- Dengan konservasi	72	81	88	91
- Tanpa konservasi	62	71	78	81
Padang rumput				
- Kondisi jelek	68	79	86	89
- Kondisi baik	39	61	74	90
Padang rumput : kondisi baik	30	58	71	78
Hutan				
- Tanaman jarang, penutupan jelek	45	66	77	83
- Penutupan baik	25	55	70	77
Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan, dsb				
- Kondisi baik : rumput menutup 75% atau lebih luasan	39	61	74	80
- Kondisi sedang : rumput menutup 50% - 75% luasan	49	69	79	84
Daerah perniagaan dan bisnis (85% kedap air)	89	92	94	95
Daerah industri (72% kedap air)	81	88	91	93
Permukiman				
Luas %kedap air				
1/8 acre atau kurang 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Tempat parkir, atap, jalan mobil (dihalaman)				
Jalan	98	98	98	98
-Perkerasan dengan drainase	76	85	89	91
-Kerikil	72	82	87	89
-tanah				

sumber : Bambang Triajmodjo (2014)

Besarnya laju  $W_{seep}$ , dan  $Q_{gw}$  dihitung dengan persamaan 3.4, dan 3.5 berikut (Neitsch *et al* 2009).

$$W_{seep} = W_{perc,ly=n} + W_{crk,btm} \quad (3.4)$$

dengan :

$W_{seep}$  = Total air yang berada di bawah tanah pada hari ke-i (mm),

$W_{perc,ly}$  = Jumlah air perkolasi yang keluar dari lapisan terbawah (mm), dan

$W_{crk,btm}$  = Jumlah air yang mengalir melewati lapisan yang lebih bawah dari muka tanah untuk mengalirkan aliran pada hari ke-i (mm).

$$Q_{gw} = \frac{8000 \cdot K_{sat}}{L_{gw}^2} \cdot h_{wtbl} \quad (3.5)$$

dengan :

$Q_{gw}$  = Jumlah aliran dasar (*base flow*) pada hari ke-i (mm),

$k_{sat}$  = Konduktivitas hidrolik dari akuifer (mm/day),

$L_{gw}$  = Jarak dari punggung bukit atau *subbasin* sistem air tanah ke saluran utama (m), dan

$h_{wtbl}$  = Tinggi muka air pada *watertable* (m).

Pada penentuan nilai evapotranspirasi, model SWAT melakukan perhitungan berdasarkan tiga metode, yaitu metode Penman-Monteith, metode *Priestley and Taylor*, serta metode Hargreaves. Metode Penman-Monteith merupakan salah satu metode perhitungan evapotranspirasi potensial dari permukaan air terbuka maupun permukaan vegetasi. Model ini membutuhkan lima parameter iklim, yaitu suhu, kelembaban relatif, kecepatan angin, tekanan uap jenuh, dan radiasi netto. Persamaan Penman-Monteith disajikan pada persamaan 3.6 berikut (Neitsch *et al* 2009).

$$\lambda E_a = \frac{\Delta(H_{net} - G) + \rho_{air} \cdot C_p \cdot [e_z^0 - e_z] / r_a}{\Delta + \gamma \cdot (1 + \frac{r_c}{r_a})} \quad (3.6)$$

dengan:

$E_a$  = Laju evaporasi ( $m \cdot s^{-1}$ ),

$\lambda$  = Panas laten akibat densitas sinar matahari ( $MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ ),

$\Delta$  = Kemiringan pada kurva tekanan uap air jenuh-temperatur,  $de/dT$  ( $kPa \cdot ^\circ C^{-1}$ ),

$H_{net}$  = Radiasi yang mengenai permukaan ( $W \cdot m^{-2}$ ),

- $G$  = Kerapatan fluks panas ke tanah ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ),  
 $C_p$  = Kapasitas panas spesifik dari udara ( $\text{MJ kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ),  
 $\rho_{air}$  = Densitas udara ( $\text{kg m}^{-3}$ ),  
 $e_z^0$  = Tingkat tekanan uap air jenuh di udara pada ketinggian  $z$  (kPa),  
 $e_z$  = Tekanan uap air di udara pada ketinggian  $z$  (kPa),  
 $r_c$  = Resistensi dari kanopi tanaman ( $\text{s m}^{-1}$ ),  
 $r_a$  = Difusi resistensi lapisan udara atau *aerodynamic resistance* ( $\text{s m}^{-1}$ ), dan  
 $\gamma$  = Konstanta Psychrometri ( $\text{kPa }^\circ\text{C}^{-1}$ ).

Dalam analisis hidrologi SWAT dibutuhkan data *weather generator* (.wgn) yang berfungsi untuk mengisi kelengkapan informasi dari data iklim. Informasi data iklim yang terdapat di dalam file *weather generator* sebagai berikut (Neitsch *et al* 2012).

1. TITLE : Judul pada baris pertama *file.wgn*.
2. LATITUDE : Koordinat lintang stasiun iklim.
3. LONGITUDE : Koordinat bujur stasiun iklim.
4. ELEV : Elevasi stasiun iklim (m).
5. RAIN\_YRS : Jumlah tahun data iklim yang digunakan.
6. Temperatur maksimum (TMPMX)

Temperatur ini merupakan suhu maksimum rata-rata harian pada satu bulan tertentu selama  $n$  tahun. Temperatur maksimum ini dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 3.7 berikut.

$$\mu mx_{bulan} = \frac{\sum_{d=1}^N Tmx.bulan}{N} \quad (3.7)$$

dengan :

- $Tmx.bulan$  = Temperatur maksimum harian selama pencatatan pada bulan tersebut ( $^\circ\text{C}$ ) dan  
 $N$  = Jumlah hari pencatatan temperatur maksimum pada bulan tersebut selama  $n$  tahun

7. Temperatur minimum (TMPMN)

Temperatur ini merupakan suhu minimum rata-rata harian pada satu bulan tertentu selama n tahun. Temperatur minimum ini dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 3.8 berikut.

$$\mu mn_{bulan} = \frac{\sum_{d=1}^N Tmn.bulan}{N} \quad (3.8)$$

dengan :

$Tmn.bulan$  = Temperatur minimum harian selama pencatatan pada bulan tersebut ( $^{\circ}C$ ) dan

$N$  = Jumlah hari pencatatan temperatur minimum pada bulan tersebut selama n tahun

8. Standar deviasi suhu maksimum harian (TMPSTMTDMX)

Standar deviasi ini dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 3.9 berikut.

$$\sigma mx_{bulan} = \sqrt{\frac{\sum_{d=1}^N (Tmx.bulan - \mu mx_{bulan})^2}{N-1}} \quad (3.9)$$

dengan :

$\sigma mx$  = Standar deviasi suhu maksimum,

$\mu mx_{bulan}$  = Suhu maksimum rata-rata harian pada bulan tertentu,

$Tmx.bulan$  = Suhu maksimum harian pada bulan tertentu, dan

$N$  = Jumlah hari perhitungan pada bulan tersebut selama n tahun.

9. Standar deviasi suhu minimum harian (TMPSTMTDMN)

Standar deviasi ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.10 berikut.

$$\sigma mn_{bulan} = \sqrt{\frac{\sum_{d=1}^N (Tmn.bulan - \mu mn_{bulan})^2}{N-1}} \quad (3.10)$$

dengan :

$\sigma mn$  = Standar deviasi suhu minimum,



- $\mu_{mn_{bulan}}$  = Suhu minimum rata-rata harian pada bulan tertentu,  
 $T_{mn.bulan}$  = Suhu minimum harian pada bulan tertentu, dan  
 $N$  = Jumlah hari perhitungan pada bulan tersebut selama n tahun.

#### 10. Curah hujan rata-rata (PCPMM)

Nilai curah hujan rata-rata pada satu bulan selama n tahun dapat dihitung dengan persamaan 3.11 berikut.

$$\bar{R}_{bulan} = \frac{\sum_{d=1}^N R_{hari.bulan}}{tahun} \quad (3.11)$$

dengan :

- $R_{hari.bulan}$  = Curah hujan harian selama pencatatan pada bulan tersebut (mm) selama n tahun dan  
 tahun = Jumlah tahun dari hujan harian yang dicatat.

#### 11. Standar deviasi untuk curah hujan harian (PCPSTD)

Standar deviasi ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.12 berikut.

$$\sigma_{bulan} = \sqrt{\frac{\sum_{d=1}^N (R_{hari.bulan} - \bar{R}_{bulan})^2}{N-1}} \quad (3.12)$$

dengan :

- $\sigma_{bulan}$  = Standar deviasi,  
 $R_{hari.bulan}$  = Curah hujan harian pada bulan tertentu,  
 $\bar{R}_{bulan}$  = Rata-rata curah hujan dalam satu bulan, dan  
 $N$  = Jumlah hari perhitungan pada bulan tersebut selama n tahun.

#### 12. Koefisien skew untuk curah hujan harian dalam satu bulan selama n tahun (PCPSkew)

Nilai koefisien skew untuk curah hujan harian dalam satu bulan selama n tahun dapat dihitung dengan persamaan 3.13 berikut.

$$g_{bulan} = \frac{N \cdot \sum_{d=1}^N (R_{hari.bulan} - \bar{R}_{bulan})^3}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot (\sigma_{bulan})^3} \quad (3.13)$$

dengan :

$g_{bulan}$  = Koefisien Skew,

$R_{hari.bulan}$  = Curah hujan harian pada bulan tertentu selama n tahun,

$\bar{R}_{bulan}$  = Curah hujan rata-rata pada bulan tertentu selama n tahun,

$\sigma_{bulan}$  = Standar deviasi , dan

N = Jumlah hari perhitungan pada bulan tersebut selama n tahun.

13. Perbandingan kemungkinan hari basah ke hari kering dalam satu bulan dengan jumlah hari kering dalam satu bulan selama n tahun (PR-W1)

Nilai perbandingan kemungkinan hari basah ke hari kering dalam satu bulan dengan jumlah hari kering dalam satu bulan selama n tahun dapat dihitung dengan persamaan 3.14 berikut.

$$Pi(W/D) = \frac{hari_{W/D.i}}{hari_{kering.i}} \quad (3.14)$$

dengan :

$hari_{W/D.i}$  = Jumlah hari basah yang diikuti hari kering dan

$hari_{kering.i}$  = Jumlah hari kering selama periode pencatatan.

14. Perbandingan jumlah hari kering ke hari kering dengan jumlah hari kering dalam satu bulan selama n tahun (PR-W2)

Nilai perbandingan jumlah hari kering ke hari kering dengan jumlah hari kering dalam satu bulan selama n tahun dapat dihitung dengan persamaan 3.15 berikut.

$$Pi(W/W) = \frac{har_{W/W.i}}{hari_{basah.i}} \quad (3.15)$$

dengan :

$hari_{W/W.i}$  = Jumlah hari basah yang diikuti hari basah dan

$hari_{basah.i}$  = Jumlah hari basah selama periode pencatatan.

15. Jumlah hujan rata-rata pada bulan tertentu selama n tahun (PCPD)

Jumlah hujan rata-rata pada bulan tertentu selama n tahun dapat dihitung dengan persamaan 3.16 berikut.

$$\bar{d}_{basah} = \frac{hari_{basah.i}}{tah} \quad (3.16)$$

dengan :

$hari_{basah.i}$  = Jumlah hari basah selama periode pencatatan dan tahun  
 = Jumlah tahun dari hujan harian yang dicatat.

16. Jumlah curah hujan maksimum selama pencatatan pada bulan tertentu selama n tahun (PCP maks).

17. Radiasi sinar matahari (SOLARAV)

Rata-rata radiasi sinar matahari pada satu bulan tertentu selama n tahun dapat dihitung dengan persamaan 3.17 berikut.

$$\mu_{radiasi_{bulan}} = \frac{\sum_{d=1}^N S_{bulan}}{N} \quad (3.17)$$

dengan :

$S_{bulan}$  = Jumlah radiasi sinar matahari selama periode pencatatan dan N  
 = Jumlah hari perhitungan pada bulan tersebut selama n tahun.

18. *DEW point* (titik beku) / kelembaban relatif (Hmd)

*DEW point* ( titik beku) / kelembaban Relatif (Hmd) satu bulan tertentu selama n tahun dapat dihitung dengan persamaan 3.18 berikut.

$$\mu_{kelembapan_{bulan}} = \frac{\sum_{d=1}^N H_{bulan}}{N} \quad (3.18)$$

dengan :

$H_{bulan}$  = Jumlah kelembaban relatif selama periode pencatatan dan N  
 = Jumlah hari perhitungan pada bulan tersebut selama n tahun.

19. Kecepatan angin (WINDAV)

Kecepatan angin rata-rata (m/s) pada satu bulan tertentu selama n tahun dapat dihitung dengan persamaan 3.19 berikut.

$$\mu_{angin_{bulan}} = \frac{\sum_{d=1}^N W_{bulan}}{N} \quad (3.19)$$

dengan :

$W_{bulan}$  = Jumlah kecepatan angin selama periode pencatatan dan

N = Jumlah hari perhitungan pada bulan tersebut selama n tahun.

Kegiatan Kalibrasi adalah pengujian model yang bertujuan agar hasil simulasi model mendekati dengan keadaan sebenarnya. Proses kalibrasi dan validasi dilakukan dengan *software* SUFI2.SWAT-CUP. Dengan menggunakan *software* tersebut dapat dibandingkan langsung antara grafik debit hasil simulasi dan grafik debit hasil pengukuran di lapangan. Model dianggap valid apabila data hasil observasi berpotongan dengan luasan grafik 95PPU sebesar 80% ( $p\text{-factor} > 0.8$ ). Dalam proses kalibrasi dan validasi di anjurkan menggunakan *warming up* periode agar memantapkan kondisi *base flow* (aliran dasar) sehingga proses hidrologi seimbang dengan jumlah 2 sampai 3 periode (Abbaspour,2008). Pada SUFI2.SWAT-CUP akan digunakan koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan Nash-Sutcliffe Model Efficiency ( $E_{NS}$ ). Nash-Sutcliffe Model Efficiency merupakan model yang direkomendasikan oleh *The American of Civil Engineers* (Ahl *et al*,2008). Koefisien determinasi menunjukkan seberapa dekatnya nilai yang dihasilkan oleh hasil simulasi dengan nilai sesungguhnya di lapangan. Nilai  $R^2$  yang mendekati 1 menandakan nilai debit hasil simulasi memiliki nilai yang cukup dekat dengan nilai debit observasi. Koefisien determinasi dapat dilihat pada persamaan 3.20 berikut.

$$R^2 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{abs.i} - \bar{Q}_{abs.i})(Q_{cal.i} - \bar{Q}_{cal.i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{abs.i} - \bar{Q}_{abs.i})^2 \sum_{i=1}^n (Q_{cal.i} - \bar{Q}_{cal.i})^2}} \right]^2 \quad (3.20)$$

Nash-Sutcliffe Model Efficiency ( $E_{NS}$ ) digunakan untuk mengevaluasi model hasil simulasi. Dalam Kriterianya, simulasi dianggap layak jika nilai  $E_{NS} > 0,75$ , memuaskan apabila nilai berada diantara 0,36 – 0,75, dan dikatakan kurang layak apabila nilai  $< 0,36$ . Nash-Sutcliffe Model Efficiency ( $E_{NS}$ ) dapat dilihat pada persamaan 3.21 berikut.

$$E_{NS} = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{abs.i} - Q_{cal.i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{abs.i} - \bar{Q}_{abs.i})^2} \right] \quad (3.21)$$

dimana  $Q_{abs}$  adalah debit aktual yang terukur ( $m^3/det$ ),  $Q_{cal}$  adalah debit hasil simulasi SWAT ( $m^3/det$ ),  $\bar{Q}_{abs}$  adalah debit rata-rata aktual ( $m^3/det$ ), dan  $\bar{Q}_{cal}$  adalah rata-rata hasil simulasi ( $m^3/det$ ).

### 3.5 Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air baku dihitung dengan menggunakan standar – standar perhitungan yang telah ditetapkan untuk masa mendatang. Kebutuhan air baku dibagi menjadi dua kebutuhan air yaitu kebutuhan air domestik dan non domestik. Perhitungan kebutuhan air domestik dan non domestik adalah sebagai berikut.

#### 1. Kebutuhan air domestik

kebutuhan air domestik yaitu berupa kebutuhan air perorang perhari dengan nilai debit sebesar 144 lt/org/hari (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2006). Untuk memperkirakan jumlah penduduk pada tahun tertentu dapat dihitung dengan rumus metode geometrik seperti pada persamaan 3.22 berikut (Petunjuk Praktis Perencanaan Pembangunan Sistem Penyediaan Air Bersih Perdesaan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2006).

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad (3.22)$$

dengan :

$P_n$  = Jumlah penduduk pada tahun n,

$P_o$  = Jumlah penduduk awal,

$r$  = Tingkat pertumbuhan penduduk per tahun (dalam %), dan

$n$  = Jangka waktu dalam tahun

Kebutuhan air total dihitung berdasarkan jumlah pemakai air yang telah diproyeksikan untuk 5-10 tahun mendatang dan kebutuhan rata-rata setiap pemakai setelah ditambahkan 20% sebagai faktor kehilangan air (kebocoran). Kebutuhan total ini dipakai untuk mengecek apakah sumber air yang dipilih dapat digunakan. Kebutuhan air bersih ini didasarkan atas pelayanan dengan menggunakan Hidran Umum (HU) dengan menggunakan persamaan 3.23 dan

3.24 berikut. (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2006).

$$Q_{md} = P_n \times q \times f_{md} \quad (3.23)$$

$$Q_t = Q_{md} \times 100/80 \text{ (faktor kehilangan air 20\%)} \quad (3.24)$$

dengan :

$Q_{md}$  = Kebutuhan air bersih,

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun n,

$q$  = Kebutuhan air per orang/hari,

$f_{md}$  = Faktor hari maksimum ( 1,05 – 1,15 ), dan

$Q_t$  = Kebutuhan total air bersih.

## 2. Kebutuhan air non domestik

Kebutuhan air non domestik yaitu berupa analisis pertumbuhan terakhir fasilitas – fasilitas sosial ekonomi yang terdapat pada wilayah perencanaan. Kebutuhan air non domestik sebagai berikut.

### a. Kebutuhan air untuk sarana kesehatan

kebutuhan air untuk rumah sakit menurut Direktorat Jendral Cipta Karya DPU tahun 1996 dihitung berdasarkan jumlah tempat tidur yaitu sebesar 500 liter/tempat tidur/hari dan untuk puskesmas sebesar 2000 liter/unit/hari.

### b. Kebutuhan air untuk sarana pendidikan

Kebutuhan air bersih untuk siswa sekolah menurut Direktorat Jendral Cipta Karya DPU tahun 1996 yaitu sebesar 25 liter/siswa/hari.

### c. Kebutuhan air untuk sarana ekonomi

Kebutuhan air bersih untuk pasar menurut Proyek Peningkatan Sarana Air Bersih (PPSAB) Jawa Barat yaitu sebesar 2500-5000 liter/unit/hari dan kebutuhan air untuk hotel/losmen sebesar 250-300 liter/unit/hari (Noerbambang dan morimura,1991).

### d. Kebutuhan air untuk perkantoran dan pertokoan

Kebutuhan air bersih untuk kantor menurut Direktorat Jendral Cipta Karya DPU tahun 1996 sebesar 25 liter/pegawai/hari yang merupakan rerata kebutuhan air untuk wudhu, minum, dan lain sebagainya.

e. Kebutuhan air untuk rumah peribadatan

Kebutuhan air untuk masjid menurut Direktorat Jendral Cipta Karya DPU tahun 1996 yaitu sebesar 3000 liter/unit/hari.

f. Kebutuhan air untuk peternakan

Kebutuhan air untuk ternak disesuaikan dengan data yang digunakan oleh Nippo Koei Co., Ltd. Tahun 1993 yaitu untuk jenis sapi/kerbau/kuda sebesar 40 liter/ekor/hari, untuk kambing/domba sebesar 5 liter/ekor/hari, untuk unggas sebesar 0,6 liter/ekor/hari. Kebutuhan air untuk ternak diestimasi dengan cara mengalikan jumlah ternak dengan tingkat kebutuhan air berdasarkan persamaan 3.25 berikut.

$$Q_{\text{ternak}} = (q_{(c/b/h)} \times P_{(c/b/h)}) + (q_{(s/g)} \times P_{(s/g)}) + (q_{(Po)} \times P_{(Po)}) \quad (3.25)$$

dengan :

$Q_{\text{ternak}}$  = Kebutuhan air untuk ternak (lt/hari),

$q_{(c/b/h)}$  = Kebutuhan air untuk sapi/kerbau/kuda (liter/ekor/hari),

$q_{(s/g)}$  = Kebutuhan air untuk kambing/domba (liter/ekor/hari),

$q_{(Po)}$  = Kebutuhan air untuk unggas (liter/ekor/hari),

$P_{(c/b/h)}$  = Jumlah sapi/kerbau/kuda (ekor),

$P_{(s/g)}$  = Jumlah kambing/domba (ekor), dan

$P_{(Po)}$  = jumlah unggas (ekor).

g. Kebutuhan air untuk industri

Standar yang digunakan dari Direktorat Teknik Penyehatan, Direktorat Jendral Cipta Karya DPU tahun 1996 yaitu sebesar 10% dari konsumsi air domestik.

h. Kebutuhan air untuk lain-lain

Kebutuhan lain-lain meliputi kebutuhan air untuk mengatasi kebakaran, taman dan penghijauan, serta kehilangan air. Menurut Direktorat Jendral Cipta Karya DPU tahun 1996, kebutuhan air untuk umum, kehilangan air dan kebakaran diambil 45% dari kebutuhan total domestik. Distribusi presentase kebutuhan yaitu 3% untuk umum yang berupa taman dan penghijauan, 28% untuk kehilangan air, dan 14% untuk kebutuhan air pemadam kebakaran.