

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Air**

Air adalah zat atau materi atau unsur yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi. Penempatan sebagian besar air di bumi terdapat kira-kira sejumlah 1,3-1,4 miliar km<sup>3</sup> dengan 97,5% berupa air laut dan 1,75% berbentuk es serta 0,73% berada di daratan sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya. Air menjadi bagian yang penting dan tak terpisahkan dari kehidupan semua makhluk hidup. Tubuh manusia sendiri terdiri dari 60-70% air. Oleh sebab itu, penting bagi kita untuk memiliki asupan air yang cukup setiap harinya untuk menggantikan air yang hilang.

##### **2.1.1 Air Bersih**

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah di masak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memerlukan persyaratan bagi sistem penyediaan air minum, dimana persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologis dan radiologis, sehingga apabila di konsumsi tidak menimbulkan efek samping ( Ketentuan Umum Permenkes No. 416/Menkes/PEWIX/1990). Persyaratan tersebut juga memperhatikan pengamanan terhadap sistem distribusi air bersih dari instansi air bersih sampai pada konsumen.

##### **2.1.2 Air Minum**

Air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung dapat di minum. Alasan kesehatan dan teknis yang mendasari penentuan standar kualitas air minum adalah efek-efek dari setiap parameter jika melebihi dosis yang telah ditetapkan. Pengertian dari standar kualitas air minum adalah batas operasional dari kriteria kualitas air dengan

memasukan pertimbangan non teknis, misalnya kondisi sosial ekonomi, target atau tingkat kualitas produksi, tingkat kesehatan yang ada dan teknologi yang tersedia. Berdasarkan permenkes No.416/Menkes/PER/IX/1990, yang membedakan kualitas air bersih dan air minum adalah standar kualitas setiap parameter fisik, kimia, biologis dan radiologis maksimum yang diperbolehkan.

## **2.2 Analisis Hidrologi**

Hidrologi berasal dari bahasa Yunani, yakni *hydro* dan *loge*. *Hydro* berarti suatu yang berhubungan dengan air dan *loge* berarti pengetahuan. Jadi hidrologi adalah kajian atau pengetahuan tentang air. Secara luas hidrologi adalah ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan air di alam, berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahannya antara lain: zat cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah, di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi. Menurut Soewarno (1995) data hidrologi merupakan kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi. Data hidrologi merupakan bahan informasi yang sangat penting dalam pelaksanaan inventarisasi potensi sumber-sumber air yang tepat dan rehabilitasi sumber-sumber alam seperti air, tanah dan hutan yang telah di rusak.

## **2.3 Sumber Air**

Sumber air merupakan salah satu komponen utama yang ada pada suatu sistem penyediaan air bersih, karena tanpa sumber air maka suatu sistem penyediaan air bersih tidak akan berfungsi. Dalam memilih sumber air baku air bersih maka harus diperhatikan persyaratan utama yang meliputi kualitas, kuantitas, kontinuitas dan biaya yang murah dari proses pengambilan sampai proses pengolahan. Beberapa sumber air baku yang dapat digunakan untuk menyediakan air bersih yaitu air hujan, air permukaan dan air tanah.

### **2.3.1 Air Hujan**

Presipitasi atau hujan adalah uap air yang terkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dengan segala bentuknya dalam rangkaian siklus hidrologi. Jika air yang jatuh berbentuk cair disebut hujan (*rainfall*) dan jika berupa padat disebut salju (*snow*). Air hujan

mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi atau karatan. Dari segi kualitas air hujan tergantung pada besar kecilnya curah hujan. Sehingga hujan tidak mencukupi untuk persediaan umum karena jumlahnya berfluktuasi. Begitu pula bila dilihat dari segi kontinuitasnya, air hujan tidak dapat diambil secara terus menerus, karena tergantung dengan musim di Indonesia.

### 2.3.2 Air Permukaan

#### a. Air sungai

Sungai adalah aliran air permukaan yang berbentuk memanjang dan mengalir secara terus menerus dari hulu ke hilir. Arah aliran sungai sesuai dengan sifat air, dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Sungai bermula dari gunung atau dataran tinggi menuju ke danau atau lautan.

#### b. Air danau

Danau adalah badan air alami berukuran besar yang dikelilingi oleh daratan dan tidak terhubung dengan laut, kecuali melalui sungai. Danau bisa berupa cekungan yang terjadi karena peristiwa alam yang kemudian menampung dan menyimpan air yang berasal dari hujan, mata air, rembesan dan air sungai (Kementerian Lingkungan Hidup, 2004).

#### c. Air laut

Menurut Peureulak (2009) air laut adalah air yang berasal dari laut atau samudera yang memiliki kadar garam 3,5%, artinya dalam 1 liter air laut terdapat 35 gram garam. Perbedaan utama antara air laut dan air tawar adalah, adanya kandungan garam dalam air laut, sedangkan pada air tawar tidak mengandung garam.

### 2.3.3 Air Tanah

Air tanah merupakan semua air yang berada di dalam ruang batuan dasar yang mengalir secara alami ke permukaan tanah melalui pancaran atau rembesan. Sumber utama dari air tanah adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah. Peresapan air hujan ini terjadi selama pengaliran air hujan ke laut atau ke aliran sungai. Air tanah merupakan air yang mengandung garam dan mineral yang terlarut pada waktu air melewati lapisan tanah dan

juga air yang berasal dari air hujan yang jatuh dipermukaan bumi lalu meresap ke dalam tanah dan mengisi rongga-rongga atau pori-pori dalam tanah. Air tanah terbagi atas :

a. Air tanah dangkal

Air tanah dangkal merupakan air yang berasal dari air hujan yang diikat oleh akar pohon. Air tanah ini terletak tidak jauh dari permukaan tanah serta berada di atas lapisan kedap air.

b. Air tanah dalam

Air tanah dalam adalah air hujan yang meresap kedalam tanah lebih dalam lagi melalui proses absorpsi serta filtrasi oleh batuan dan mineral di dalam tanah. Sehingga berdasarkan prosesnya air tanah dalam lebih jernih dari air tanah dangkal (Kumalasari dan Satoto, 2011).

c. Mata air

Mata air adalah sebuah keadaan alami dimana air tanah mengalir keluar dari akuifer menuju permukaan tanah yang menjadi sumber air bersih yang berguna untuk keperluan kehidupan manusia. Mata air merupakan bagian dari hidrosfer. Mata air menurut segi kualitasnya adalah yang sangat baik bila dipakai sebagai air baku, karena berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan tanah akibat tekanan sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar. Dari segi kontinuitasnya, jumlah dan kapasitas mata air sangat terbatas sehingga hanya mampu memenuhi kebutuhan sejumlah penduduk tertentu. Begitu pula bila mata air tersebut terus menerus di ambil maka lama kelamaan akan habis.

## **2.4 Perhitungan Curah Hujan**

Curah hujan rata-rata diperlukan guna mengetahui profil muka air sungai dan perencanaan suatu sistem drainase. Biasanya curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah dan dinyatakan dalam milimeter (mm). Curah hujan rerata harian dilakukan berdasarkan hasil pengamatan beberapa stasiun pencatat hujan. Dalam melakukan perhitungan curah hujan rata-rata digunakan beberapa metode, yaitu: metode Rata-Rata Aljabar, Garis Isohiet dan Poligon Thiessen (Ndoen, 2017)

### 1. Metode rata-rata aljabar

Metode rata-rata aljabar merupakan metode yang paling sederhana dan metode ini disarankan untuk kondisi daerah pengaliran sungai dengan topografi datar, jumlah pos hujan yang cukup banyak serta lokasinya tersebar merata. Rumus yang digunakan dalam metode ini adalah (Hasmar,2012):

$$\bar{R} = 1/n (R_1, R_2, \dots, R_n) \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.1)}$$

dimana:

- $\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata
- n = Jumlah titik atau pos pengamatan
- R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>,,R<sub>n</sub> = Curah hujan tiap titik pengamatan

### 2. Metode garis Isohiet

Peta Isohiet digambarkan pada peta topografi yang menunjukkan tempat kedudukan curah hujan yang hampir sama dengan perbedaan (interval) 10 mm sampai 20 mm. Metode ini disarankan untuk digunakan apabila daerahnya pegunungan atau berbukit. Curah hujan daerah tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Hasmar,2012):

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1+A_2R_2\dots+ A_nR_n}{A_1+A_2+\dots+ A_n} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.2)}$$

dimana :

- $\bar{R}$  = curah hujan rata-rata
- R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>,...,R<sub>n</sub> = curah hujan setiap pos pengamatan
- A<sub>1</sub>,A<sub>2</sub>,...,A<sub>n</sub> = luas daerah yang mewakili pos pengamatan

### 3. Metode poligon Thiessen

Metode ini disarankan untuk digunakan apabila pos hujan tidak banyak, dan curah hujannya tidak merata. Cara memperoleh luas masing-masing daerah dengan menggunakan metode poligon Thiessen adalah sebagai berikut:

- a. Semua stasiun yang terdapat di dalam daerah, dihubungkan dengan garis sehingga terbentuk jaringan segitiga.

- b. Pada masing-masing segitiga ditarik garis sumbunya, dan semua garis sumbu tersebut membentuk poligon Thiessen.
- c. Luas daerah tiap-tiap polygon dapat diukur dengan planimeter. Rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan rerata maksimum adalah sebagai berikut (Hasmar, 2012)

$$\bar{d} = \frac{A_1d_1+A_2d_2\dots+ A_ndn}{A_1+A_2+\dots+ A_n} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.3)}$$

$$\bar{d} = P_1 d_1 + P_2 d_2 + \dots P_n d_n \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.4)}$$

dimana :

$\bar{d}$  = Curah hujan harian rerata maksimum (mm)

$d_1, d_2, \dots, d_n$  = Curah hujan pada stasiun penakar

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah pengaruh stasiun pencatat hujan (km<sup>2</sup>)

$p_1, p_2, \dots, p_n$  = Faktor koreksi ( $A_n/\Sigma A$ )

## 2.5 Debit Andalan

Debit andalan adalah besarnya debit yang tersedia di suatu lokasi sumber air (misalnya: sungai) untuk dapat dimanfaatkan/dikelola dalam penyediaan air (misalnya; air baku dan air irigasi) dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. 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. Analisis debit andalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode F.J. Mock. Metode Mock ditemukan dan dikembangkan oleh Dr.F.J.Mock. Dalam makalahnya, “*Land Capability Appraisal Indonesia & Water Availability Appraisal*”, F.J Mock memperkenalkan model sederhana simulasi keseimbangan air (*water balance*) untuk menghitung aliran sungai dari data curah hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah aliran sungai (DAS) untuk memperkirakan ketersediaan air di sungai. Metode F.J. Mock juga menghasilkan keluaran berupa nilai perkiraan limpasan bulanan hujan untuk memperkirakan nilai rata-rata runoff

dan variasi aliran yang dihasilkan dari catatan dari input data pengukuran aliran. Tahap-tahap perhitungan debit andalan adalah sebagai berikut:

### 2.5.1 Evapotranspirasi potensial

Evapotranspirasi merupakan gabungan dari penguapan (evaporasi) air permukaan dan penguapan yang disebabkan oleh tumbuhan (transpirasi). Evapotranspirasi potensial adalah evaporasi yang terjadi pada kondisi dimana hanya dipengaruhi oleh kondisi iklim dan tidak dipengaruhi oleh keadaan yang sebenarnya. Metode evapotranspirasi yang dianjurkan dalam perhitungan debit andalan F.J. Mock yaitu metode Penman Modifikasi. Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

#### 1. Data klimatologi

Data klimatologi yang digunakan dalam perhitungan adalah suhu udara rata-rata (T), kelembaban udara (Rh), kecepatan angin (U), dan lama penyinaran matahari.

#### 2. Koreksi suhu udara dan lama penyinaran matahari

Sebelum melakukan perhitungan evapotranspirasi potensial, dilakukan perhitungan koreksi suhu udara di lokasi DAS embung berdasarkan data pada stasiun klimatologi terdekat.

a. Suhu udara  $T' = (T \pm 0,006 H)$ .....Persamaan (2.5)

dimana :

$T'$  = koreksi suhu udara

$T$  = data suhu udara sebelum dikoreksi

$H$  = beda tinggi antara lokasi penelitian dengan lokasi stasiun

meteorologi dan lama penyinaran matahari dengan metode Mock.

Metode ini digunakan untuk melakukan koreksi data suhu udara dan lama penyinaran matahari pada lokasi DAS embung berdasarkan data pada stasiun klimatologi terdekat.

b. Lama penyinaran matahari  $n/N' = (n/N - 0,01 H)$ .....Persamaan (2.6)

dimana :

$n/N'$  = koreksi lama penyinaran matahari

- n/N = data lama penyinaran matahari sebelum dikoreksi
- H = beda tinggi antara lokasi penelitian dengan lokasi stasiun meteorologi.

Setelah data klimatologi telah dikoreksi terhadap ketinggian, maka besarnya evapotranspirasi potensial yang terjadi pada daerah tersebut dapat dihitung.

### 3. Evapotranspirasi potensial

Untuk menghitung evapotranspirasi potensial dapat dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

#### a. Tekanan uap air

Tekanan uap air merupakan tekanan uap air yang terjadi di permukaan air  
Tekanan uap air aktual (ed) dapat di ketahui dengan rumus :

$$ed = ea \times Rh \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.7)}$$

dimana :

- Ed = tekanan uap air (mbar)
- E = tekanan uap air jenuh (mbar)
- Rh = kelembaban relatif (%)

#### b. Fungsi angin

Fungsi angin adalah perhitungan fungsi dari kecepatan angin f(U) pada ketinggian 2 m dalam satuan (km/hr)

$$f(U) = 0,27 (1 + (U/100)) \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.8)}$$

dimana :

- f(U) = fungsi angin relatif (km/hari)
- U = kecepatan angin (km/hari)

#### c. Radiasi matahari

Radiasi matahari merupakan komponen sumber energi dalam memanaskan air, tanah, dan tanaman. Radiasi potensial sangat ditentukan oleh posisi geografis lokasi.

$$Rs = [0,25 + (0,5n/N)]Ra \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.9)}$$

dimana :



$R_s$  = radiasi matahari setelah terkoreksi (mm/hari)

$n/N$  = penyinaran matahari aktual (%)

$R_a$  = radiasi matahari (mm/hari)

d. Penyinaran radiasi matahari

Penyinaran radiasi matahari merupakan nilai penyinaran matahari yang tergantung pada garis lintang. Menghitung nilai penyinaran matahari dapat menggunakan persamaan :

$$R_{ns} = (1 - a) R_s \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.10)}$$

dimana :

$R_{ns}$  = penyinaran radiasi matahari yang dikoreksi bumi (mm/hari)

$A$  = 0,25 (Soemarto, 1986)

$R_s$  = radiasi matahari setelah terkoreksi (mm/hari)

e. Koreksi akibat tekanan air

Koreksi akibat tekanan air yaitu salah satu langkah perhitungan evapotranspirasi yang dilakukan untuk menentukan koreksi sebagai akibat adanya tekanan air pada saat terjadi evapotranspirasi yang dilakukan dengan rumus :

$$f(e_d) = 0,34 - (0,044 \times e_d 0,5) \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.11)}$$

dimana :

$f(e_d)$  = koreksi akibat tekanan air (mm/hari)

$e_d$  = tekanan uap air (mbar)

f. Fungsi kecerahan

Fungsi Kecerahan ialah langkah perhitungan evapotranspirasi yang dilakukan untuk mengetahui besarnya kecerahan yang di pengaruhi oleh penyinaran matahari.

$$f(n/N) = 0,1 + (0,9n/N) \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.12)}$$

dimana :

$f(n/N)$  = fungsi kecerahan (mm/hari)

$n/N$  = penyinaran matahari aktual (%)

g. Radiasi gelombang panjang

Radiasi gelombang panjang yaitu radiasi gelombang panjang yang keluar dari bumi yang dipengaruhi oleh fungsi temperature, koreksi akibat tekanan air,serta fungsi kecerahan yang dihitung dengan rumus :

$$Rn1 = f(T) \times f(ed) \times f(n/N) \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.13)}$$

dimana :

$Rn1$  = radiasi gelombang panjang (mm/hari)

$f(T)$  = fungsi temperatur (mm/hari)

$f(ed)$  = koreksi akibat tekanan air (mm/hari)

$f(n/N)$  = fungsi kecerahan (mm/hari)

h. Penyinaran radiasi

Penyinaran radiasi yaitu penyinaran radiasi yang terjadi di bumi dari hasil estimasi perhitungan radiasi gelombang panjang dan penyinaran radiasi matahari yang dikoreksi bumi yang dihitung dengan rumus :

$$Rn = Rns - Rn1 \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.14)}$$

dimana :

$Rn$  = penyinaran radiasi bersih (mm/hari)

$Rns$  = penyinaran radiasi matahari yang dikoreksi bumi  
(mm/hari)

i. Evapotranspirasi potensial

Evapotrasnpirasi potensial adalah evaporasi yang terjadi pada kondisi dimana hanya dipengaruhi oleh kondisi iklim dan tidak dipengaruhi oleh keadaan yang sebenarnya yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Ep = c [(w \times Rn) + \{(1 - w) \times (ea - ed) \times f(U)\}] \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.15)}$$

dimana :

$Ep$  = evapotranspirasi (mm/hari)

$C$  = faktor kondisi umum

- W = faktor bobot
- Rn = penyinaran radiasi bersih (mm/hari)
- 1-w = 1- faktor bobot
- Ea = tekanan uap air jenuh (mbar)
- Ed = tekanan uap air (mbar)
- f(U) = fungsi angin relatif (km/hari)
- ETo = c x ETo\* .....Persamaan (2.16)
- ETo\* = W (0.75 Rs – Rn1) + (1-W) f(U) (ea-ed).....Persamaan (2.17)
- dimana :
- ETo = Evaporasi potensial (mm/hari)
- C = Faktor koreksi
- ETo\* = Evaporasi (mm/hari)
- W = Faktor yang berhubungan dengan suhu (t) dan elevasi daerah.
- Rs = Radiasi gelombang pendek, dalam satuan evaporasi ekivalen  
(mm/hari) = (0.25 + 0.54 n/N) Ra.
- Rn1 = Radiasi gelombang panjang (mm/hari)

### 2.5.2 Evapotranspirasi terbatas

Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual yang dipengaruhi oleh kondisi lahan yang tertutup oleh tumbuhan atau tidak tertutupi tumbuhan hijau pada musim kemarau kondisi tersebut disebut *exposed surface* (Ginting, 2016). Data yang diperlukan untuk perhitungan evapotranspirasi terbatas adalah sebagai berikut:

1. Curah hujan bulanan (P)  
Curah hujan bulanan merupakan nilai curah hujan rata-rata bulanan selama rentang waktu 20 tahun sesuai penelitian.
2. Jumlah hari hujan dalam 1 bulan (n)  
Jumlah hari hujan dalam 1 bulan yaitu jumlah hari terjadinya hujan dalam 1 bulan sesuai bulan penelitian.
3. Singkapan lahan (m%) ditaksir dari peta tata guna tanah dengan besarnya nilai m sebagai berikut :

- a.  $M = 0\%$  untuk lahan dengan hutan lebat
- b.  $m = 0\%$  pada akhir musim hujan dan bertambah  $10\%$  setiap bulan kering untuk lahan sekunder.
- c.  $M = 10-40\%$  untuk lahan yang terisolasi.
- d.  $m = 20-50\%$  untuk lahan pertanian yang diolah. Secara matematis evapotranspirasi terbatas dirumuskan sebagai berikut:

$$E = E_p \times (m/20) \times (18 - n) \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.18)}$$

$$E_t = E_p - E \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.19)}$$

dimana:

$E$  = evapotranspirasi aktual (mm)

$E_t$  = evapotranspirasi terbatas (mm)

$E_p$  = evapotranspirasi potensial (mm)

$M$  = singkapan lahan (exposed surface (%))

$N$  = jumlah hari hujan dalam sebulan

### 2.5.3 Keseimbangan Air (*Water Balance*)

Keseimbangan air tanah dipengaruhi oleh jumlah air yang masuk ke dalam permukaan tanah dan kondisi tanah. Keseimbangan air di permukaan tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut :

#### 1. Air hujan efektif

Air hujan efektif yaitu air hujan yang mencapai permukaan tanah dan dirumuskan sebagai berikut:

$$A_s = P - E_t \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.20)}$$

dimana :

$A_s$  = air hujan efektif (mm/bulan)

$P$  = curah hujan bulanan (mm/bulan)

$E_t$  = evapotranspirasi terbatas (mm/bulan)

#### 2. Kandungan air tanah (*soil storage*)

Besar kadungan air tanah tergantung dari harga air hujan efektif ( $A_s$ ). Bila harga air hujan efektif ( $A_s$ ) negative atau dibawah nilai 0 sebagai akibat

perhitungan air hujan efektif, maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila harga air hujan efektif ( $A_s$ ) positif maka kelembaban tanah akan bertambah.

3. Kapasitas kelembaban tanah (*soil moisture capacity*)

Soil Moisture Capacity adalah kapasitas kandungan air pada lapisan tanah permukaan (*surface soil*) per  $m^2$ . Besarnya SMC untuk perhitungan ketersediaan air ini diperkirakan berdasarkan kondisi porositas lapisan tanah permukaan dari DPS. Semakin besar porositas tanah akan semakin besar pula SMC yang ada. Asumsi yang dipakai oleh F.J. Mock adalah air akan memenuhi SMC terlebih dahulu sebelum water surplus tersedia untuk infiltrasi dan perkolasi yang lebih dalam atau melimpas langsung (*direct run off*). Ada dua keadaan untuk menentukan SMC, yaitu:

- a.  $SMC = (\text{diasumsi } 50 - 200 \text{ mm/bulan}), \text{ jika } A_s > 0.$

Artinya tampungan kelembaban tanah sudah mencapai kapasitas maksimumnya atau terlampaui sehingga air tidak disimpan dalam tanah lembab. Ini berarti kandungan air tanah (*soil storage*) sama dengan nol dan besarnya water surplus sama dengan  $A_s$ .

- b.  $SMC = SMC \text{ bulan sebelumnya} + A_s, \text{ jika } A_s < 0. \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.21)}$

Untuk keadaan ini, tampungan kelembaban tanah belum mencapai kapasitas maksimum, sehingga ada air yang disimpan dalam tanah lembab. Besarnya air yang disimpan ini adalah  $P - E_t$ . Karena air berusaha untuk mengisi kapasitas maksimumnya, maka untuk keadaan ini tidak ada water surplus ( $WS = 0$ ).

4. Kelebihan air (*water surplus*)

Water Surplus didefinisikan sebagai curah hujan yang telah mengalami evapotranspirasi dan mengisi Soil Storage (SS). Water Surplus secara langsung berpengaruh pada infiltrasi/ perkolasi dan total run-off yang merupakan komponen dari debit. Persamaan Water Surplus (WS) adalah sebagai berikut :

$$WS = As \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.22)}$$

dimana :

WS = kelebihan air (mm/bulan)

As = air hujan efektif (mm/bulan) Akan tetapi jika  $As < 0$ , maka water surplus sama dengan 0.

#### 2.5.4 Aliran dan Simpanan Air Tanah

Besar nilai simpanan air tanah dalam metode Mock dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu (Ginting, 2016):

##### 1. Infiltrasi (I)

Infiltrasi merupakan volume air yang masuk kedalam simpanan air tanah, semakin besar maka volume simpanan air semakin besar pula. Begitupun sebaliknya semakin kecil infiltrasi maka volume simpanan air semakin kecil.

$$I = WS \times In \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.23)}$$

dimana :

I = volume simpanan air tanah bulan ke n (mm/bulan)

WS = kelebihan air (mm/bulan)

In = koefisien infiltrasi (diasumsikan 0 – 1)

##### 2. Konstanta resesi aliran (k)

Konstanta resesi aliran (k) merupakan proporsi dari air tanah waktu sebelumnya yang masih ada pada saat ini. Besar konstanta k ini sangat berpengaruh dalam perhitungan aliran dan simpanan air tanah. Nilai k cenderung lebih besar pada bulan hujan dan lebih kecil pada bulan kering. Harga k antara 0 – 1.

##### 3. Volume simpanan air tanah bulan sebelumnya (Vn-1)

Nilai ini diasumsikan sebagai konstanta awal dimana perkiraan besarnya volume air pada awal perhitungan. Vn-1 di lokasi studi diasumsikan sebesar 100 mm (KP- 01, 1986:64).

##### a. Volume simpanan air tanah

$$V_n = k.V_{(n+1)} + 0,5.(1+k).I \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.24)}$$

dimana :

$V$  = volume simpanan air tanah bulan ke  $n$  (mm/bulan)

$K$  =  $q_t/q_0$  = faktor resesi aliran tanah (diasumsikan  $0 - 1$ )

$q_t$  = aliran air tanah pada waktu bulan ke  $t$

$q_0$  = aliran air tanah pada awal bulan (bulan ke  $0$ )

$V_{n-1}$  = volume simpanan air tanah bulan ke  $(n-1)$  (mm/bulan)

b. Perubahan volume simpanan air tanah

Perubahan volume simpanan air tanah dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta V_n = V_n - V_{(n-1)} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.25)}$$

dimana :

$V_n$  = perubahan volume simpanan air tanah (mm/bulan)

$V_n$  = volume simpanan air tanah bulan ke  $n$  (mm/bulan)

$V_{n-1}$  = volume simpanan air tanah bulan ke  $(n-1)$  (mm/bulan)

Aliran air tanah terdiri dari beberapa komponen yang dirumuskan sebagai berikut:

1. Aliran dasar (base flow)

Base flow adalah air hujan yang jatuh ke dalam tanah, di mana air hujan ini masuk melalui permukaan tanah. Aliran dasar (base flow) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$BF = I - \Delta V_n \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.26)}$$

dimana :

$BF$  = aliran dasar (mm/bulan)

$I$  = infiltrasi

$V_n$  = perubahan volume simpanan air tanah (mm/bulan)

2. Aliran langsung (*dirrect run off*)

Aliran langsung (*dirrect run off*) merupakan komponen aliran yang besarnya adalah kelebihan air dikurangi besaran infiltrasi.

$$DRO = WS - I \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.27)}$$

dimana :

$DRO$  = aliran langsung (mm/bulan)

WS = kelebihan air (mm/bulan)  
 I = infiltrasi

3. Total aliran (total run off)

Total aliran (*total run off*) adalah aliran yang besarnya ditentukan dengan aliran langsung dikurangi aliran dasar.

$$TRO = DRO - BF \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.28)}$$

dimana :

TRO = total aliran (mm/bulan)  
 DRO = aliran langsung (mm/bulan)  
 BF = aliran dasar (mm/bulan)

2.5.5 Debit aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Asdak,2010). Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam suatu volume perwaktu satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik (m<sup>3</sup> /dtk). Debit aliran (Q) dapat dihitung sebagai berikut :

$$TRO \times A \times 86400 \times H \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.29)}$$

dimana :

Q = debit aliran sungai (m<sup>3</sup> /dtk)  
 A = luas DAS (m<sup>2</sup> )  
 TRO = total aliran sungai  
 H = jumlah hari dalam 1 bulan



## 2.6 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air yaitu banyaknya air yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air dalam kegiatan sehari-hari seperti mandi, mencuci, memasak, menyiram tanaman dan lain sebagainya. Kebutuhan air bersih menurut Seunjaya adalah jumlah air bersih minimal yang perlu disediakan agar manusia dapat hidup secara layak yaitu dapat memperoleh air yang diperlukan untuk melakukan aktivitas dasar sehari-hari. Kebutuhan air adalah sejumlah air yang digunakan untuk berbagai peruntukan atau kegiatan masyarakat dalam wilayah tersebut. Dalam kasus ini kebutuhan air yang di perhitungkan yaitu kebutuhan air untuk peruntukan kegiatan rumah tangga (domestik), fasilitas umum meliputi perkantoran, pendidikan (non domestik), irigasi, peternakan, industri, serta untuk pemeliharaan/ penggelontoran sungai. Menurut Ditjen Cipta Karya (2000) kebutuhan air bersih di kategorikan menjadi kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestic.

### 2.6.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti : memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Kebutuhan air bersih rumah tangga dinyatakan dalam satuan liter/orang/hari, besar kebutuhan tergantung dari kategori berdasarkan jumlah penduduk, kebutuhan air domestik dihitung sesuai dengan jumlah penduduk yang menjadi daerah layanan. Analisis kebutuhan air sector domestik merupakan aspek penting dalam menganalisa kebutuhan penyediaan air di masa mendatang. Untuk memperkirakan jumlah kebutuhan air domestik saat ini dan dimasa yang akan datang dihitung berdasarkan jumlah penduduk , tingkat pertumbuhan penduduk dan kebutuhan air perkapita. Kebutuhan air perkapita dipengaruhi oleh aktivitas fisik dan kebiasaan atau tingkat kesejateraan. Oleh karena itu, dalam memperkirakan besarnya kebutuhan air domestik perlu dibedakan antara kebutuhan air untuk penduduk daerah urban (perkotaan) dan daerah rural (pedesaan). Adanya perbedaan kebutuhan air dilakukan dengan pertimbangan bahwa penduduk di daerah urban cenderung memanfaatkan air secara berlebihan di bandingkan dengan

penduduk didaerah rural. Standar kriteria perencanaan kebutuhan air bersih sector domestic dapat dilihat pada table 2.1.

**Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Air Bersih Dan Standar Kebutuhan Air Domestik**

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
		>1.000.000	500.000 S/D 1.000.000	100.000 S/D 500.000	20.000 S/D 100.000	<20.000
1	Konsumsi unit sambung rumah (SR) i/o/h	190	170	130	100	80
2	Konsumsi hidran umum (HU) i/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit non domestik (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor hari maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor jam puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah jiwa per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100	100
9	Sisa tekan di	10	10	10	10	10

**Lanjutan Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Air Bersih Dan Standar Kebutuhan Air Domestik**

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
		>1.000.000	500.000 S/D 1.000.000	100.000 S/D 500.000	20.000 S/D 100.000	<20.000
	Penyediaan distribusi (mka)					
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Vol. reservoir (% max day demand)	20	20	20	20	20
12	SR : HU	50:50 s/d 80:22	50:50 s/d 80:22	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan pelayanan (%)	90	90	90	90	70

**Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996**

### 2.6.2 Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih diluar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air bersih non domestik tergantung banyaknya konsumen non domestik yang meliputi fasilitas-fasilitas seperti fasilitas umum, pendidikan, perkantoran, kesehatan, industri, perdagangan dan lainnya. Analisis kebutuhan air sktor non domestik dilaksanakan dengan berpegang pada analisis data pertumbuhan terakhir fasilitas-fasilitas yang ada pada daerah layanan (Ndoen, 2017). Besarnya konsumsi penggunaan air bersih sector non domestik di dasarkan pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Kebutuhan air non domestik untuk kota kategori I, II, III, IV**

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	10	Liter/murid/hari
Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	2000	Liter/unit/hari
Masjid	2000	Liter/unit/hari
Gereja	3000	Liter/unit/hari
Kantor	10	Liter/pegawai/hari
Pasar	12000	Liter/hektar/hari
Hotel	150	Liter/bed/hari
Rumah makan	100	Liter/tempat duduk/hari
Komplek militer	60	Liter/orang/hari
GCUKawasan industri	0,2-0,8	Liter/detik/hektar
Kawasan pariwisata	0,1-0,3	Liter/detik/hektar

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

**Tabel 2.3 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori V (Desa)**

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	5	Liter/murid/hari
Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	1200	Liter/unit/hari
Masjid	3000	Liter/unit/hari
Mushola	2000	Liter/unit/hari
Pasar	12000	Liter/hektar/hari
Komersial/ industri	10	Liter/hari

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996.

**Tabel 2.4 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori lain**

Sektor	Nilai	Satuan
Lapangan terbang	10	Liter/orang/detik
Pelabuhan	50	Liter/orang/detik
Stasiun KA dan terminal bus	10	Liter/orang/detik
Kawasan industri	0,75	Liter/detik/hektar

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996.

### 2.6.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Jumlah Kebutuhan Air

Menurut Imron Builcin, pada dasarnya jumlah kebutuhan sarana dan prasarana dipengaruhi oleh tiga variabel yaitu :

- a. Jumlah penduduk yang dilayani. Semakin besar jumlah penduduk semakin besar pula sarana dan prasarana yang dibutuhkan.
- b. Luas wilayah yang ditempati penduduk, semakin luas dan tersebar penduduk perkotaan, semakin besar pula jumlah sarana dan prasarana yang perlu disediakan.
- c. Pendapatan perkapita, permintaan akan jasa pelayanan umum bersifat elastis terhadap pendapatan (*income elastic*), seiring dengan meningkatnya pendapatan, penduduk cenderung membutuhkan tingkat pelayanan perkotaan yang lebih baik secara kuantitas maupun kualitas.

### 2.6.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Penggunaan Air Adalah Sebagai Berikut (Linsicy at.al, 1995) :

- a. Iklim, kebutuhan air untuk keperluan sehari-hari seperti mandi, mencuci, menyiram, tanaman semakintinggi pada musim kering atau kemarau.
- b. Ciri-ciri penduduk, taraf hidup dan kondisi sosial ekonomi penduduk mempunyai korelasi positif dengan jumlah kebutuhan air. Artinya pada penduduk dengan kondisi sosial ekonomi yang baik dan taraf hidup yang tinggi akan membutuhkan air yang lebih banyak dari pada penduduk dengan sosial ekonomi yang kurang mencukupi dan taraf hidupnya lebih rendah. Meningkatnya kualitas kehidupan

penduduk menyebabkan terjadinya peningkatan aktivitas hidup yang diikuti pula dengan meningkatnya kebutuhan air.

- c. Harga air dan meteran, bila harga air mahal, orang akan lebih menahan diri dalam pemakaian air.
- d. Ukuran kota, ukuran kota diindikasikan dengan jumlah sarana dan prasarana yang dimiliki oleh suatu kota seperti industri, perdagangan, taman-taman dan sebagainya. Semakin banyak sarana dan prasarana kota yang dimiliki pemakaian air juga semakin besar.

**2.7 Proyeksi Jumlah Penduduk**

Pertumbuhan penduduk adalah perubahan jumlah penduduk di suatu wilayah tertentu pada waktu tertentu dibandingkan waktu sebelumnya. Terdapat beberapa pendekatan atau metode yang dapat digunakan untuk memproyeksi jumlah penduduk, dimana metode-metode tersebut memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Akan tetapi dalam memilih metode yang akan digunakan untuk proyeksi penduduk perlu mempertimbangkan beberapa hal, antara lain cakupan wilayah studi dan wilayah perencanaan, jangka waktu proyeksi, dinamika perkembangan wilayah studi, presisi dan tujuan penggunaan, serta ketersediaan data (Klosterman, 1990). Berikut ini metode-metode yang dapat digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk :

1. Metode aritmatik

Metode aritmatik adalah teknik proyeksi yang paling sederhana dari seluruh model trend, metode ini menggunakan persamaan derajat pertama (*first degree equation*). Berdasarkan hal tersebut, penduduk diproyeksikan sebagai fungsi dari waktu, dengan persamaan :

$$P_n = P_0 + n.r \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.30)}$$
$$= \frac{P_0 - P_t}{t_2 - t_1}$$

dimana :

- P<sub>n</sub> = Jumlah penduduk sampai akhir tahun Perencanaan (jiwa)
- P<sub>0</sub> = Jumlah Penduduk pada awal tahun Perencanaan (jiwa)
- P<sub>t</sub> = Jumlah penduduk pada tahun awal

- r = Tingkat pertambahan penduduk pertahun (%)
- n = Umur perencanaan (tahun)

2. Metode geometrik

Metode geometrik merupakan metode yang mengasumsikan penduduk akan bertambah atau berkurang pada suatu tingkat pertumbuhan (persentase) yang tetap dan dirumuskan sebagai berikut :

$$P_n = P_0 \cdot (1 + r)^n \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.31)}$$

Dimana :

- P<sub>0</sub> = jumlah penduduk tahun dasar
- r = Rata-rata pertumbuhan penduduk

3. Metode eksponensial

Metode eksponensial dalam proyeksi jumlah penduduk dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_n = P_0 \cdot (e)^{n \cdot q} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.32)}$$

Keterangan :

- P<sub>n</sub> = Jumlah penduduk tahun ke-n (jiwa)
- P<sub>0</sub> = Jumlah penduduk pada tahun dasar (jiwa)
- e = Nilai eksponensial yang besarnya adalah 2,7182818
- n = Rentang waktu antara P<sub>n</sub> dan P<sub>0</sub> (tahun)
- q = Laju pertumbuhan penduduk (% pertahun)

Penentuan pilihan metode proyeksi jumlah penduduk yang digunakan dengan hasil perhitungan yang paling mendekati kebenaran harus dilakukan analisis dengan menghitung standar deviasi dari ketiga metode tersebut. Berikut ini rumus standar deviasi atau simpangan baku (s) yaitu :

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.33)}$$

Dimana :

- S = Standar deviasi

$x^2$  = Data jumlah penduduk di kuadratkan

$x$  = jumlah penduduk

$n$  = Jumlah sampel ( Banyaknya data )

Metode perhitungan proyeksi penduduk yang digunakan paling tepat adalah yang memberikan nilai standar deviasi terkecil. Semakin kecil standar deviasi, maka data akan semakin seragam (homogen) dan sebaliknya standar deviasi semakin besar, maka data semakin bervariasi.

## 2.8 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam menghitung kebutuhan air bersih, antara lain:

### 1. Kebutuhan air domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih bagi keperluan rumah tangga. Kebutuhan domestik dilakukan melalui Sambungan Rumah (SR), kebutuhan umum yang disediakan melalui Hidran Umum (HU) dan Kran Umum (KU). Berikut ini adalah rumus perhitungan kebutuhan air domestik :

$$Q_d = Y \times S_d \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.34)}$$

Keterangan :

$Q_d$  = Kebutuhan air domestik (liter/orang/hari)

$Y$  = Jumlah penduduk tahun proyeksi (orang)

$S_d$  = Standar kebutuhan air domestik (liter/hari)

### 2. Kebutuhan air non domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih untuk sarana dan prasarana daerah yang teridentifikasi ada atau bakal ada berdasarkan rencana tata ruang. Sarana dan prasarana yang dimaksud berupa kepentingan umum seperti untuk pendidikan, tempat ibadah, kesehatan dan juga untuk kepentingan komersil.

Dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_n = Q_d \times S_n \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.35)}$$



Keterangan :

$Q_n$  = Kebutuhan air non domestik (liter/orang/hari)

$Q_d$  = Kebutuhan air domestik (liter/orang/hari)

$S_n$  = Standar kebutuhan air non domestik

3. Kehilangan dan kebocoran

Kehilangan air akibat kebocoran dapat dihitung dengan persamaan

$$Q_{HL} = (Q_D + Q_{nD}) \times (K_t \%) \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.36)}$$

Keterangan:

$Q_{HL}$  = Jumlah air akibat kehilangan dan kebocoran (liter/hari)

$Q_t$  = Kebutuhan air total (liter/hari)

$K_t \%$  = Prosentase kehilangan dan kebocoran

4. Kebutuhan air total

Kebutuhan air total adalah kebutuhan air domestik yang ditambahkan dengan kebutuhan air non domestik dan dikurangi dengan total kehilangan air, dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_t = (Q_D + Q_{nD}) - Q_{HL} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.37)}$$

Keterangan :

$Q_t$  = Kebutuhan air total (liter/hari)

$Q_D$  = Kebutuhan air domestik (liter/orang/hari)

$Q_{nD}$  = Kebutuhan air non domestik (liter/orang/hari)

5. Kebutuhan air rata-rata harian

Dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{RH} = Q_D + Q_{nD} + Q_{HL} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.38)}$$

Keterangan:

$Q_{RH}$  = Kebutuhan air rata-rata harian(liter/hari)

$Q_D$  = Kebutuhan air domestik (liter/orang/hari)

$Q_{nD}$  = Kebutuhan air non domestik (liter/orang/hari)

$Q_{HL}$  = Kebocoran atau kehilangan air (liter/hari)

6. Kebutuhan air harian maksimum

Dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_m = Q_{RH} \times F \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.39)}$$

Keterangan :

$Q_m$  = Kebutuhan air harian maksimum (liter/hari)

$Q_{RH}$  = Kebutuhan air rata-rata harian (liter/hari)

$F$  = Faktor kebutuhan air harian maksimum

7. Kebutuhan air pada jam puncak

Kebutuhan air jam pucak yaitu besar kebutuhan air yang dibutuhkan pada jam tertentu pada kondisi kebutuhan air harian maksimum. Kebutuhan air jam puncak dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{JP} = Q_m \times F \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.40)}$$

Keterangan:

$Q_{JP}$  = Kebutuhan air jam puncak (liter/hari)

$Q_m$  = Kebutuhan air harian maksimum (liter/hari)

$F$  = Faktor kebutuhan air pada jam puncak