

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Sumber daya air merupakan sumber daya yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Fungsi air bagi kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Banyak kegiatan yang dilakukan manusia yang sangat tergantung dengan ketersediaan air, seperti kegiatan industri dan pertanian. Ironisnya, daerah aliran sungai (DAS) sebagai fungsi penyangga atau resapan makin jauh dari angan-angan karena sebagian rusak. Kerusakan ini sebagian disebabkan terjadinya alih fungsi lahan di daerah penyangga.

Wilayah Indonesia, menurut Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, memiliki 6% dari persediaan air dunia atau sekitar 21% persediaan air Asia Pasifik, sedangkan ketersediaan air bersih cenderung melambat akibat kerusakan alam dan pencemaran, yaitu diperkirakan sebesar 15-35% per kapita per tahun. Namun demikian, kelangkaan dan kesulitan mendapatkan air bersih dan layak pakai menjadi permasalahan yang mulai muncul di banyak tempat dan semakin mendesak dari tahun ke tahun (Sumber : http://www.walhi.or.id/kampanye/air/air_info/).

Menurut data Departemen Kesehatan (2006), menyebutkan bahwa volume kebutuhan air bersih bagi penduduk rata-rata di Indonesia berbeda. Di kota besar, air yang dibutuhkan adalah kurang lebih mencapai 200-400 liter/orang/hari. Lain halnya di daerah pedesaan yang volume kebutuhan airnya hanya 60 liter/orang/hari (Data Departemen Kesehatan : 2006).

Ketersediaan air selalu berubah-ubah, tergantung kepada musim dan kemampuan mengelola prasarana pengendalian air. Pasokan air yang diperuntukan untuk irigasi di pulau jawa cenderung berkurang karena digunakan untuk keperluan lain, seperti pasokan untuk keperluan domestik dan industri. Semakin terbatasnya ketersediaan air irigasi akan memicu konflik antara petani di bagian hilir dan bagian hulu (Sunaryo et al, 2004 : 44).

2.2 Konsep Dasar Neraca Air

Pada proses sirkulasi air atau yang biasa disebut dengan siklus hidrologi untuk suatu daerah, terdapat hubungan keseimbangan air antara masukan air total dengan keluaran air total yang dapat terjadi pada suatu DAS tertentu. Hubungan itu umumnya disebut dengan Neraca Air atau *water balance*.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi
(Sumber : diadopsi dari www.siklusair.com)

Secara kuantitatif, neraca air menggambarkan prinsip bahwa selama periode waktu tertentu masukan air total sama dengan keluaran air total ditambah dengan perubahan air cadangan (*change in storage*). Nilai perubahan air cadangan ini dapat bertanda positif atau negatif (Soewarno, 2000 : 16).

Secara umum persamaan neraca air dirumuskan dengan :

$$I = O \pm \Delta S \quad (2-1)$$

dengan :

I = masukan (*inflow*)

O = keluaran (*outflow*)

ΔS = Perubahan Cadangan Air (*Change In Storage*)

Neraca air merupakan hubungan antara masukan air total dan keluaran air total . Masukan total adalah semua air yang masuk ke dalam sistem, sedangkan keluaran total adalah semua air yang keluar dari sistem. Perubahan Cadangan Air adalah perbedaan antara jumlah semua kandungan air (dalam berbagai sub sistem) dalam satu unit waktu yang ditinjau, yaitu antara waktu terjadinya masukan dan waktu terjadinya keluaran. Persamaan ini tidak dapat dipisahkan dari konsep dasar yang lainnya (siklus hidrologi) karena pada hakikatnya, masukan ke dalam sub sistem yang ada, adalah keluaran dari sub sistem yang lain dalam siklus tersebut.

2.3 Potensi Air Permukaan

Air permukaan dan air tanah merupakan sumber air utama yang digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan pertanian, industri, rumah tangga dan kebutuhan-kebutuhan lainnya. Potensi air merupakan suatu keadaan dimana suatu daerah berpotensi secara fungsional adanya suatu volume air.

Potensi air permukaan dibedakan menjadi

a. Potensi Air Hujan

Air hujan yang jatuh di suatu wilayah (DAS) merupakan potensi air yang secara rutin berulang setiap musim penghujan.

b. Potensi Air Permukaan

Untuk mengukur perkiraan potensi air permukaan dalam suatu DAS dilakukan dengan pengukuran debit/tinggi muka air/volume air pada masing-masing sumber mata air yang ada (mata air/sungai/danau/rawa).

Potensi air dapat dinyatakan dalam Indeks Ketersediaan Air (IKA) sebagai potensi air dalam ribuan kubik meter per tahun untuk setiap kapita (Sunaryo, Walujo S, dan Harnanto, 2005: 23).

2.4 Ketersediaan Air

Terdapat tiga permasalahan pokok yang menyebabkan ketidakseimbangan antara persediaan dan permintaan (*supply and demand*) akan kebutuhan air. Permasalahan pertama, penambahan penduduk yang berkembang dengan cepat tanpa disertai distribusi geografis yang merata. Permasalahan kedua, kebutuhan akan pangan tanpa bisa mengurangi kecenderungan konsumsi akan beras. Permasalahan ketiga tentang peningkatan kesempatan kerja utamanya dalam bidang pertanian dan industri yang mengakibatkan lonjakan kebutuhan air untuk kedua bidang tersebut (Notodihardjo, 1989).

Ketersediaan air yang akan ditinjau di dalam penelitian ini dapat dikategorikan sebagai berikut :

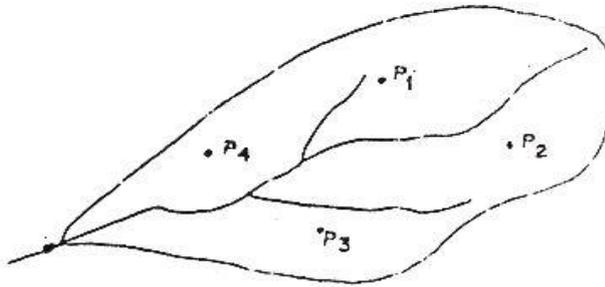
1. Ketersediaan air hujan,
2. Ketersediaan air sungai,
3. Ketersediaan air dari mata air,

2.4.1. Ketersediaan Air Hujan

Ketersediaan air hujan yang dimaksud adalah volume air hujan rata-rata tahunan pada Sub DAS Sumber Brantas yang dihitung guna mengetahui berapa sebenarnya volume air rata-rata tahunan yang diterima sistem hidrologi pada Sub DAS Sumber Brantas. Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat, maka untuk kawasan yang luas satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada didalam dan/atau di sekitar kawasan tersebut.

Ada tiga macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan (Suripin, 2004 : 26) :

1. Metode rata-rata hitung (rata-rata aljabar)



Gambar 2.2 Hujan Rata-rata untuk Metode Rata-rata Aljabar
(Sumber : Suripin, 2001)

Merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan karena di dasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata/ hampir merata, dan cocok untuk daerah dengan luas kurang dari 500 km². Curah hujan rerata daerah diperoleh dari persamaan :

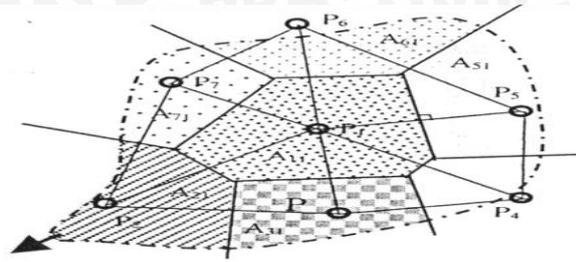
$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (2-2)$$

dimana P₁, P₂, ..., P_n merupakan curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, 3, ..., n dan n adalah banyaknya pos penakar hujan.

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya, asalkan pos-pos penakarnya terbagi merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakarnya tidak menyimpang jauh dari harga rata-rata seluruh pos penakar (Soemarto, 1987 : 32)

2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak sehingga hasil Metode Poligon Thiessen ini lebih akurat dibandingkan dengan Metode Rata-rata Hitung. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antar dua pos penakar hujan terdekat. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lainnya adalah linier dan bahwa sebaran pos dianggap mewakili kawasan terdekat.



Gambar 2.3 Hujan Rata-rata untuk Metode Poligon Thiessen
(Sumber : Suripin, 2001)

Prosedur penerapan metode sebagai berikut :

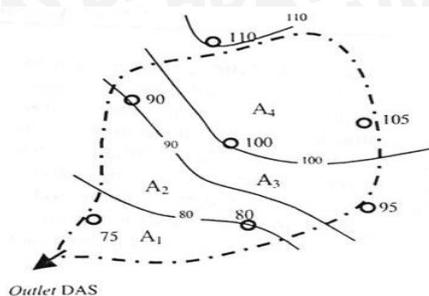
- a. Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS dan antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
- b. Tarik garis tegak lurus ditengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa hingga membentuk Poligon Thiessen. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan pos penakar yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada pos tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
- c. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS (A) dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.
- d. Curah hujan rerata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2-3)$$

dimana P_1, P_2, \dots, P_n merupakan curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., A_1, A_2, \dots, A_n adalah luas areal poligon 1, 2, ..., n. Dan n adalah banyaknya pos penakar hujan.

3. Metode Isohyet

Isohyet adalah kontur yang menghubungkan titik-titik dengan ketebalan hujan yang sama dimana dua garis Isohyet tidak pernah saling berpotongan. Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan curah hujan rerata daerah, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Pada metode ini dapat mengkoreksi asumsi Metode Poligon Thiessen dimana tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya. Hal itu disebabkan pada metode ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan.



Gambar 2.4 Hujan Rata-rata untuk Metode Isohyet
(Sumber : Suripin, 2001)

Terlepas dari kelebihan dan kekurangan ketiga metode tersebut, pemilihan metode yang cocok dipakai dalam perhitungan curah hujan rerata daerah dapat dilihat pada tabel berikut dengan mempertimbangkan beberapa faktor sebagai berikut :

a. Jaring-jaring pos penakar hujan

Tabel 2.1. Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Jumlah Pos Penakar Hujan

Jumlah Pos Penakar Hujan	Metode
Cukup	Isohyet, poligon Thiessen, atau Rata-rata Hitung
Terbatas	Rata-rata Hitung atau poligon Thiessen
Tunggal	Hujan Titik

Sumber : Suripin, 2004 :31

b. Luas DAS

Tabel 2.2. Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Luas DAS

Luas DAS	Metode
DAS besar (> 5000 km ²)	Isohyet
DAS sedang (500 s/d 5000 km ²)	Poligon Thiessen
DAS kecil (< 500 km ²)	Rata-rata hitung

Sumber : Suripin, 2004 :31

c. Topografi DAS

Tabel 2.3. Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Topografi

Topografi	Metode
Pegunungan	Rata-rata hitung
Dataran	Poligon Thiessen
Berbukit dan tidak beraturan	Isohyet

Sumber : Suripin, 2004 :32

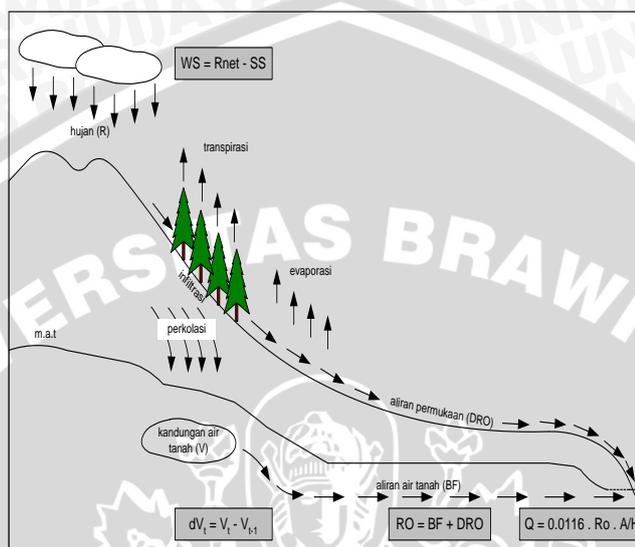
2.4.2. Ketersediaan Aliran Sungai

Ketersediaan air sungai yang dimaksud adalah volume air yang senantiasa dapat digunakan dari sungai-sungai yang mengalir pada Sub DAS Sumber Brantas. Sungai merupakan satu kesatuan antara wadah air dan air yang mengalir, karena itu kesatuan

sungai dan lingkungan merupakan suatu persekutuan mendasar yang tidak terpisahkan Sunaryo et al (2005).

2.4.2.1. Perhitungan Debit Andalan Aliran Sungai Metode F.J. MOCK

Dr. F.J. Mock (1973) memperkenalkan model sederhana simulasi keseimbangan air bulanan untuk aliran dari data hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran.



Gambar 2.5 Struktur Model F.J. Mock

Kriteria perhitungan dan asumsi yang digunakan dalam analisis diuraikan sebagai berikut :

1. Evapotranspirasi Potensial (ET_o)

Evapotranspirasi adalah jumlah air total yang dikembalikan lagi ke atmosfer dari permukaan tanah, badan air dan vegetasi oleh pengaruh faktor-faktor iklim dan fisiologis vegetasi. Berbagai rumus telah dikembangkan untuk menghitung harga evaporasi potensial, diantaranya :

1. Blaney-Criddle
2. Radiasi
3. Penman

Dalam kajian ini yang digunakan adalah rumus standar FAO. Menurut Smith (1991) persamaan standar FAO dikembangkan untuk menghitung evapotranspirasi potensial berdasarkan persamaan Penman-Montieth (1965), persamaannya dapat ditulis sebagai berikut (soewarno,2000:163) :

$$ET_o = K_V \frac{\delta \times \frac{R_n}{L} + \tau [(900/T_k) \times U_2 \times (e_s - e_a)]}{\delta + \tau (1 + 0,34U_2)} \quad (2-4)$$

dimana :

- E_{To} = evapotranspirasi potensial (mm/hari)
 δ = kemiringan kurva tekanan uap terhadap temperature (kPa/°C)
 L = Panas laten untuk penguapan (MJ/Kg)
 τ = konstanta psikometrik = 0,06466 kPa/°C
 R_n = radiasi Bersih (MJ/m²/hari)
 U_2 = kecepatan angin pada tinggi 2 m (m/dt)
 e_a = tekanan uap aktual (kPa)
 e_s = tekanan uap jenuh (kPa)
 RH = kelembapan relatif (%)
 R_a = Radiasi ekstra teresterial (mm/hari)
 α = albedo
 n/N = durasi penyinaran matahari relatif (%)
 β = Konstanta Stefan-Boltzman = $4,90 \times 10^{-9}$ MJ/m²/K⁴/hari
 T_k = Temperatur udara (°K), (°K = 273,15 + °C)
 900 = Konstanta (kg°K/kJ)

dengan :

$$e_s = 0,611 \exp [17,27T/(T + 237,3)] \quad (2-5)$$

$$e_a = e_s \times RH \quad (2-6)$$

$$\delta = 4089 \times e_s/(T + 273,3)^2 \quad (2-7)$$

$$L = 2,501 - (2,361 \times 10^{-3})T \quad (2-8)$$

$$R_s = R_a (0,25 + 0,5 n/N) \quad (2-9)$$

$$R_b = \beta \times T_k^4 \times (0,34 - 0,14 \cdot e_a^{0,5})(0,10 + 0,90 n/N) \quad (2-10)$$

$$R_n = R_s (1 - \alpha) - R_b \quad (2-11)$$

$$K_v = \text{Koefisien vegetasi} = 0,90 \text{ (Rob.Van der Weert, 1994)}$$

Tabel 2.4. Nilai (Ra Radiasi) Ekstrateresterial (Angot) Setara Penguapan (mm/hari)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Lintang Utara												
10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
4	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
Lintang Selatan												
0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2

Sumber : Soewarno, 2000:142

2. Evapotranspirasi Aktual (E_a)

Evapotranspirasi aktual adalah evapotranspirasi yang terjadi sesungguhnya sesuai dengan keadaan persediaan air/kelembaban tanah yang tersedia.

Di Indonesia, Mock pada tahun 1973, menyarankan memperkirakan E_{Ta} untuk analisis neraca air, dengan persamaan menggunakan data di Indonesia sebagai berikut (Soewarno,2000:173):

$$E_a = E_{To} - \Delta E \quad (2-12)$$

$$\Delta E = E_{To} \times (m/20) \times (1 - n) \quad (2-13)$$

dengan :

E_a = evapotranspirasi aktual (mm/bulan)

E_{To} = evapotranspirasi potensial (mm/bulan)

m = luas kawasan tidak bervegetasi (%)

n = jumlah hari hujan/bulan

3. Keseimbangan Air di Permukaan Tanah

a. Air hujan yang mencapai permukaan tanah dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$D_s = P - E_t \quad (2-14)$$

Bila harga D_s positif ($P > E_t$) maka air akan masuk ke dalam tanah bila kapasitas kelembaban tanah belum terpenuhi, dan sebaliknya akan melimpas bila kondisi tanah jenuh. Bila harga D_s negatif ($P < E_t$), sebagian air tanah akan keluar dan terjadi kekurangan (*defisit*). P = curah hujan.

b. Perubahan kandungan air tanah (*soil storage*)

Perubahan kandungan air tanah (*soil storage*) tergantung dari harga D_s . Bila harga D_s negatif maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila D_s positif akan menambah kekurangan kapasitas kelembaban tanah bulan sebelumnya.

c. Kapasitas Kelembaban tanah (*Soil Moisture Capacity*)

Perkiraan kapasitas kelembaban tanah awal diperlukan pada saat dimulainya simulasi dan besarnya tergantung dari kondisi porositas lapisan tanah atas dari daerah pengaliran. Biasanya diambil 50 s/d 250 mm, yaitu kapasitas kandungan air dalam tanah per m^3 . Jika porositas tanah lapisan atas tersebut makin besar, maka kapasitas kelembaban tanah akan makin besar pula.

Bilamana untuk pemakaian model dimulai bulan Januari, yaitu pertengahan musim hujan, maka tanah dapat dianggap berada pada kapasitas lapangan (*field capacity*). Bilamana untuk pemakaian model dimulai dalam musim kemarau, akan

terdapat kekurangan, dan kelembaban tanah awal mestinya dibawah kapasitas lapangan.

4. Limpasan dan Penyimpanan Air Tanah (*Run Off & Groundwater Storage*)

a. Koefisien Infiltrasi (i)

Koefisien infiltrasi ditaksir berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran. Lahan yang porous misalnya pasir halus mempunyai infiltrasi lebih tinggi dibandingkan tanah lempung berat. Lahan yang terjal dimana air tidak sempat infiltrasi kedalam tanah maka koefisien infiltrasi akan kecil. Batasan koefisien infiltrasi adalah 0 – 1.0.

b. Penyimpanan Air Tanah (*Groundwater Storage*)

Pada permulaan simulasi harus ditentukan penyimpanan awal (initial storage) yang besarnya tergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu, sebagai contoh dalam daerah pengaliran kecil dimana kondisi geologi lapisan bawah adalah tidak tembus air dan mungkin tidak ada air di sungai pada musim kemarau, maka penyimpanan air tanah menjadi nol.

Rumus-rumus yang digunakan :

$$V_n = k \cdot V_{n-1} + \frac{1}{2} (1 + k) \cdot I_n \quad (2-15)$$

$$DV_n = V_n - V_{n-1} \quad (2-16)$$

dengan :

V_n = volume air tanah bulan ke n

V_{n-1} = volume air tanah bulan ke (n - 1)

k = qt/q_0 = faktor resesi aliran air tanah (*catchment area recession factor*)

qt = aliran air tanah pada waktu t (bulan ke t)

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

I_n = Infiltrasi bulan ke n

DV_{n-1} = perubahan volume aliran air tanah

Faktor resesi air tanah (k) adalah 0 – 1.0. Harga k yang tinggi akan memberikan resesi yang lambat seperti pada kondisi geologi lapisan bawah yang sangat lulus air (*permeable*).

c. Limpasan (Run Off)

Aliran dasar : infiltrasi dikurangi perubahan volume aliran air dalam tanah

Limpasan langsung : kelebihan air (water surplus) – infiltrasi

Limpasan : aliran dasar + limpasan langsung

Debit andalan : aliran sungai dinyatakan dalam m^3 /bulan.

Model F.J.Mock memiliki lima parameter yang menggambarkan karakteristik DAS, meliputi :

1. Singkapan lahan

Singkapan lahan disesuaikan dengan penggunaan tata guna lahan. Prosentase singkapan lahan ini berpengaruh terhadap evapotranspirasi aktual yang terjadi yang membedakan dengan evapotranspirasi potensial.

2. Koefisien Infiltrasi

Infiltrasi adalah gerakan air dari atas ke dalam permukaan tanah. Gerakan air ini disebabkan antara lain oleh berat sendiri, rekahan tanah (celah tanah) yang cukup dan tingkat kejenuhan dari tanah tersebut. Koefisien infiltrasi (i) ditentukan berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran. Lahan yang porous maka infiltrasi akan besar, lahan yang terjal dimana air tidak sempat infiltrasi ke dalam tanah maka koefisien infiltrasi kecil. Besarnya koefisien infiltrasi lebih kecil dari 1.

3. Kapasitas kelembaban tanah

Kapasitas kelembaban tanah (*Soil Moisture Capacity*) ditaksir berdasarkan kondisi porositas lapisan tanah atas, biasanya ditaksir antara 50 mm – 250 mm, yaitu kapasitas kandungan air dalam tanah per m². Jika porositas tanah lapisan atas tersebut makin besar, maka *Soil Moisture Capacity* makin besar pula.

4. Penyimpanan awal

Penyimpanan awal (*initial storage*) adalah besarnya volume air pada saat awal perhitungan. Ditaksir sesuai dengan keadaan musim, seandainya bisa sama dengan *Soil Moisture Capacity* dan lebih kecil daripada musim kemarau.

5. Faktor resesi air tanah

Dalam perhitungan kandungan air tanah (*Ground Water Storage*) terdapat faktor resesi aliran air tanah (k), yaitu perbandingan air tanah pada suatu bulan dengan aliran air tanah pada awal bulan.

$$V_{n-1} = \text{Volume air tanah bulan ke } n - 1$$

2.4.2.2. Debit Andalan

Debit andalan diartikan sebagai debit yang tersedia guna keperluan tertentu (seperti irigasi, PLTA, air minum) sepanjang tahun, dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Menurut pengamatan, besarnya debit andalan yang diambil untuk penyelesaian optimum penggunaan air di beberapa macam pekerjaan adalah :

Tabel 2.5. Besarnya Keandalan Debit untuk Berbagai Keperluan

Kebutuhan	Peluang (%)
Air Minum	99
Air Irigasi	95-98
Air Irigasi	
• Daerah beriklim setengah lembab	70-85
• Daerah beriklim kering	80-95
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	85-90

Sumber : Soemarto, 1993 : 137

Untuk mengetahui ketersediaan air di sungai diperlukan data yang cukup panjang dan handal, Sehingga informasi keragaman debit terhadap waktu dan kejadian debit rendah dan tinggi dapat tercakup dan mewakili kejadian-kejadian tersebut. Dengan data cukup panjang dapat digunakan analisis statistika untuk mengetahui gambaran umum secara kuantitatif besaran jumlah air (Mulyantari dan Adidarma, 2003).

Metode yang digunakan dalam analisis distribusi peluang pada penelitian ini adalah Metode Weibull.

Rumusan peluang yang diberikan adalah :

$$P(X_m) = \frac{m}{N+1}, \text{ atau} \quad (2-17)$$

$$T(X_m) = \frac{N+1}{m} \quad (2-18)$$

dengan:

X_m = kumpulan nilai/debit yang diharapkan terjadi dengan keandalan tertentu. $X_m = X \geq x$ adalah kumpulan nilai X yang besar atau sama dengan suatu nilai x tertentu. $X_m = X \leq x$ adalah kumpulan nilai X yang lebih kecil atau sama dengan nilai x tertentu.

$P(X_m)$ = peluang terjadinya kumpulan nilai/debit yang diharapkan selama periode pengamatan.

N = jumlah pengamatan dari variat X /data debit.

m = nomor urut kejadian, atau peringkat kejadian.

$T(X_m)$ = periode ulang dari kejadian X_m sesuai dengan sifat kumpulan nilai yang diharapkan (X_m). Untuk $X_m = X \geq x$, maka m adalah nomor urut kejadian dengan urutan variat dari besar ke kecil. Untuk $X_m = X \leq x$, maka m adalah nomor urut kejadian dengan urutan variat dari kecil ke besar.

Metode weilbull ini digunakan karena metode ini didasarkan dengan pertimbangan bahwa metode ini sering digunakan untuk analisis peluang dan penentuan periode peluang karena dapat digunakan untuk sekelompok data tahunan atau partial.

2.4.3. Ketersediaan Air Dari Mata Air

Ketersediaan air mata air merupakan salah satu komponen dalam skema neraca air DAS seperti dalam gambar 2.2, dimana ketersediaannya dapat diduga dengan prinsip keseimbangan sistem air di suatu DAS. Mata air adalah tempat-tempat atau wadah-wadah air, baik yang terdapat di atas, maupun di bawah permukaan tanah (UU No. 11 Tahun 1974 pasal 1 ayat 3).

Keberadaan mata air ini sangat dipengaruhi oleh kondisi lahan dan vegetasi (tumbuhan) yang ada di daerah tangkapan airnya. Kondisi semacam ini memungkinkan keberadaan suatu air sumber dari tahun ke tahun mengalami perubahan baik besaran debit maupun lokasinya.

2.5. Kebutuhan Air

Penggunaan air berbeda dari suatu daerah ke daerah lainnya, tergantung pada cuaca, ciri-ciri masalah lingkungan hidup, penduduk, industrialisasi dan faktor-faktor lainnya. Dengan demikian dalam perancangan suatu sistem penyediaan air, kemungkinan penggunaan air dan variasinya haruslah diperhitungkan secermat mungkin.

Dalam kajian ini pembagian kelompok pengguna air dibedakan menjadi :

1. Kebutuhan Air Domestik.
2. Kebutuhan Air Industri.
3. Kebutuhan Air Irigasi.
4. Kebutuhan Air Pengelontoran.

2.5.1. Kebutuhan Air Domestik (rumah tangga)

Kebutuhan air untuk keperluan domestik akan berbeda-beda dari satu kota ke kota yang lain, hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : iklim, ciri-ciri penduduk, permasalahan lingkungan hidup, harga air, dan kualitas air. Kebutuhan air per orang per hari disesuaikan dengan dimana orang tersebut tinggal. Dalam setiap kategori kota tertentu orang mempunyai kebutuhan akan air yang berbeda satu sama lain yaitu :

Tabel 2.6. Standar Kebutuhan Air Bersih

Jumlah Penduduk	Jenis Kota	Kebutuhan Air Bersih (liter/orang/hari)
>2.000.000	Metropolitan	>210
1.000.000-2.000.000	Metropolitan	150-210
500.000-1.000.000	Besar	120-150
100.000-500.000	Besar	100-150
20.000-100.000	Sedang	90-100
3000-20.000	Kecil	60-100

Sumber : Pedoman Konstruksi dan Bangunan, De.PU.

Untuk menghitung kebutuhan air bersih di suatu daerah perlu terlebih dahulu diketahui jumlah penduduk pada saat ini dan perkembangan penduduk di masa mendatang. Adapun metode yang digunakan untuk menganalisa perkembangan penduduk ini ada 3 (tiga), yaitu metode geometrik, metode aritmatik dan metode eksponensial.

a. Metode Geometrik

Metode geometrik merupakan metode rumus bunga berganda yang umum digunakan. Pertumbuhan rata-rata penduduk berkisar pada prosentase r (angka pertumbuhan penduduk) yang konstan setiap tahun. Persamaan yang digunakan dalam metode geometrik untuk memperkirakan perkembangan penduduk adalah sebagai berikut (Muliakusuma, 2000 : 254) :

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad (2-19)$$

dengan :

P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke- n (jiwa)

P_o = Jumlah penduduk pada awal tahun yang ditinjau (jiwa)

r = Angka pertumbuhan penduduk (%)

n = Periode tahun yang ditinjau

b. Metode Aritmatik

Metode Aritmatik merupakan metode perhitungan perkembangan penduduk dengan jumlah sama setiap tahun (*absolute number*) dengan rumus sebagai berikut (Muliakusuma, 2000 : 254) :

$$P_n = P_o (1 + rn) \quad (2-20)$$

dengan :

P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke- n (jiwa)

P_o = Jumlah penduduk pada awal tahun yang ditinjau (jiwa)

r = Angka pertumbuhan penduduk (%)

n = Periode tahun yang ditinjau

c. Metode Eksponensial

Metode Eksponensial adalah metode perhitungan pertumbuhan penduduk secara terus menerus setiap hari dengan angka pertumbuhan (*rate*) yang konstan. Perkiraan perkembangan penduduk dengan metode eksponensial menggunakan persamaan berikut :

$$P_n = P_o \cdot e^{rn} \quad (2-21)$$

dengan :

P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke- n (jiwa)

P_o = Jumlah penduduk pada awal tahun yang ditinjau (jiwa)

r = Angka pertumbuhan penduduk (%)

n = Periode tahun yang ditinjau

e = Angka eksponensial (2,71828)

Untuk selanjutnya akan digunakan sebagai dasar perhitungan adalah pertumbuhan penduduk dengan metode geometri yang mengasumsikan rasio pertumbuhan penduduk adalah sama untuk setiap tahun. Hal ini didasarkan atas pertimbangan bahwa metode ini adalah metode yang digunakan oleh badan pusat statistik pada tingkat kabupaten atau di bawahnya karena sangat sulit untuk mendapatkan data tentang komponen migrasi pada tingkat ini.

2.5.2. Kebutuhan Air Industri (Q_{industri})

Industri didefinisikan sebagai kegiatan yang menghasilkan produk, termasuk pertambangan dan pembangkit tenaga listrik. Kebutuhan air untuk kegiatan masing-masing dapat dijelaskan dalam uraian sebagai berikut (Dinas PU Pengairan Propinsi Jawa Timur, 2004) :

1. Kebutuhan air untuk industri berat dan ringan

Banyak faktor yang mempengaruhi kebutuhan air untuk kegiatan industri, diantaranya adalah jenis industri dan jumlah tenaga yang dipekerjakan. Semua faktor tersebut biasanya bervariasi dan sangat dipengaruhi oleh permintaan pasar. Keadaan ini memungkinkan adanya perubahan-perubahan pada jenis, macam, lokasi industri, dan sebagainya. Dengan kata lain data kawasan industri cenderung berubah-ubah dan tidak lengkap sehingga kebutuhan airnya sulit ditentukan dengan tepat. Untuk pendekatan, kebutuhan air industri diperhitungkan dengan mengkorelasikan kebutuhan air dengan luas daerah industri. Pendekatan ini

kelihatannya memadai, kebutuhan air industri di Jawa Timur bervariasi antara 0,4 s/d 11 liter/detik/ha dan rata-rata 0,7 liter/detik/ha.

2. Kebutuhan air untuk pertambangan dan pembangkit tenaga listrik

Kebutuhan air untuk kegiatan pertambangan khususnya di provinsi Jawa Timur masih relatif kecil sekali, kalau dibandingkan kegiatan lainnya seperti industri ataupun irigasi. Dengan alasan ini kebutuhan untuk sektor pertambangan untuk sementara waktu diabaikan. Untuk pembangkit listrik tenaga air, pada prinsipnya tidak membutuhkan tenaga kuantitas air, tetapi membutuhkan tenaga potensialnya. Dari hal ini, volume air yang tidak mengalami pengurangan, sehingga kebutuhan air untuk sektor ini tidaklah diperhitungkan.

2.5.3. Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan Air irigasi adalah sejumlah air yang umumnya diambil dari sungai atau waduk dan dialirkan melalui sistem jaringan irigasi, guna menjaga keseimbangan jumlah air di lahan pertanian. Keseimbangan jumlah air yang masuk dan keluar dari suatu lahan pertanian adalah sebagai berikut (Suhardjono, 1994 : 6) :

1. Jumlah air yang masuk pada suatu lahan pertanian berupa air irigasi (IR) dan air hujan (R)
2. Air yang keluar merupakan sejumlah air yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman (ET), air bagi persemaian dan pengolahan tanah (Pd), maupun sejumlah air yang merembes karena perkolasi dan infiltrasi (P dan I)

Di samping faktor hujan (R) serta faktor lainnya (Pd, P, dan I), kebutuhan air tanaman (ET) merupakan faktor yang penting yang mempengaruhi besarnya kebutuhan air irigasi (IR). Makin besar ET makin besar pula IR. Sehingga salah satu usaha untuk memperkecil kebutuhan air irigasi adalah memperkecil kebutuhan air tanaman.

Kebutuhan air tanaman adalah sejumlah air yang dibutuhkan untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan. Air dapat menguap melalui permukaan air maupun melalui bagian tubuh tanaman. Kebutuhan air tanaman (ET) tergantung dari besarnya evapotranspirasi dikalikan dengan faktor koefisien tanaman.

Rumus yang digunakan untuk mencari kebutuhan air tanaman :

$$Cu = k \times ETo \quad (2-22)$$

Dimana :

Cu : kebutuhan air untuk tanaman (mm)

k : koefisien tanaman.

Eto : evapotranspirasi potensial (mm)

2.5.4. Kebutuhan Air Untuk Pemeliharaan Sungai/Penggelontoran ($Q_{\text{penggelontoran}}$)

a. Konsumsi Air

Menurut IWRD, konsumsi air penggelontoran pada tahun 2000 per kapita di daerah perkotaan diperkirakan 360 lt/hari dan pada tahun 2015 diperkirakan berkurang menjadi 300 lt/hari karena pada saat itu diharapkan lebih banyak orang terhubung pada sistem penyaluran limbah. Proyeksi air penggelontoran perkapita diasumsikan sebagai berikut :

Tabel 2.7. Proyeksi Konsumsi Air Penggelontoran

Proyeksi	Konsumsi air
1990-2000	330 lt/kapita/hari
2000-2015	360 lt/kapita/hari
2015-.....	300 lt/kapita/hari

Sumber : IWRD

b. Kebutuhan Air Penggelontoran Sungai

Dengan demikian kebutuhan air penggelontoran sungai ditunjukkan dalam rumus :

$$Q_{(RM)} = 365 \times \left(\frac{q_{(f)}}{1000} \times P_{(u)} \right) \quad (2-23)$$

dengan :

$Q_{(RM)}$ = kebutuhan air penggelontoran sungai (m^3 /tahun)

$q_{(f)}$ = konsumsi air penggelontoran (lt/kapita/hari)

$P_{(u)}$ = populasi perkotaan.