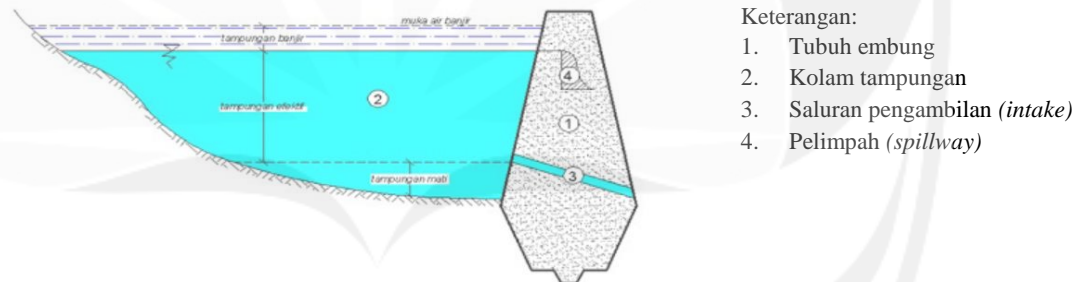


BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Embung

Sebuah bangunan yang berfungsi untuk menampung lalu mengalirkan air ke bagian hilir yang disebut dengan embung. Embung juga dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas air yang ada di sungai atau danau, persediaan air selama musim kemarau, pengendali banjir, tempat rekreasi dan irigasi. Karakteristik fisik embung dapat dilihat pada Gambar 2.1.



(Sumber: sarjanasipil.my.id, 2017)

Gambar 2.1. Karakteristik Fisik Embung

2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS atau Daerah Aliran Sungai (*catchment, basin, watershed*) merupakan daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasarkan aliran air permukaan. Batas ini tidak ditetapkan berdasarkan air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian (Manan,

1978). DAS adalah daerah yang dibatasi punggung-punggung gunung di mana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung dan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama (Asdak, 2014). Selain dari fungsi DAS, aliran air pada DAS juga sangat dipengaruhi oleh bentuk DAS, karakteristik DAS, hujan daerah dan limpasan permukaan yang menjadi kesatuan debit aliran yang melewati suatu penampungan melintang sungai persatuan waktu. Letak DAS dapat ditentukan menggunakan peta Rupa Bumi Digital Indonesia (RBI) yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Apabila luas DAS semakin besar maka semakin besar jumlah limpasan permukaan yang ada dan akan berpengaruh pada bertambah besarnya aliran permukaan.

DAS memiliki tiga bagian yakni daerah hilir, tengah dan hulu. Daerah hilir DAS merupakan daerah pemanfaatan dengan kemiringan lereng lebih kecil dari 8%, pada beberapa tempat merupakan daerah banjir atau genangan. Daerah ini merupakan daerah pengaturan pemakaian airnya ditentukan oleh bangunan irigasi (Andik, 2000). Bagian hilir digunakan untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengolahan limbah. Daerah tengah DAS merupakan daerah transisi antara daerah hulu dan daerah hilir (Asdak, 2014). Bagian tengah DAS digunakan untuk prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk dan danau. Daerah hulu merupakan daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase yang lebih tinggi, merupakan daerah dengan kemiringan lereng lebih besar dari 15% (Andik, 2000). Daerah hulu didasarkan pada fungsi konservasi yang

dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi, yang diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan.

DAS memiliki fungsi hidrologis, di mana fungsi tersebut sangat dipengaruhi oleh jumlah curah hujan yang diterima, geologi dan bentuk lahan. Fungsi hidrologis yang dimaksud termasuk kapasitas DAS untuk.

1. Mengalirkan air
2. Menyangga kejadian puncak hujan
3. Melepaskan air secara bertahap
4. Memelihara kualitas air
5. Mengurangi pembuangan massa (seperti terhadap longsor)

Fungsi suatu DAS merupakan fungsi gabungan yang dilakukan oleh seluruh faktor yang ada pada DAS tersebut, yaitu vegetasi, bentuk wilayah (topografi), tanah dan manusia. Apabila salah satu faktor tersebut mengalami perubahan, maka hal tersebut akan mempengaruhi juga ekosistem DAS tersebut dan akan menyebabkan gangguan terhadap bekerjanya fungsi DAS. Apabila fungsi suatu DAS telah terganggu, maka sistem hidrologisnya akan terganggu, penangkapan curah hujan, resapan dan penyimpanan airnya menjadi sangat berkurang atau sistem penyalurannya menjadi sangat boros. Kejadian itu akan menyebabkan melimpahnya air pada musim penghujan dan sangat minimum pada musim kemarau, sehingga fluktuasi debit sungai antara musim hujan dan musim kemarau berbeda tajam.

2.3. Pengisian Data Hujan yang Hilang

Data curah hujan yang digunakan dihitung dengan menggunakan *reciprocal method* di mana data yang menjadi patokan adalah data jarak antar stasiun. Pengisian data hilang bertujuan untuk mengisi data yang hilang akibat hujan yang tidak terukur pada hari, bulan dan tahun tertentu di setiap stasiun yang berbeda. Data hilang akibat hujan yang tidak terukur dapat disebabkan oleh beberapa faktor yakni *human error* dan ketidakfungsian alat (akibat rusak).

Di beberapa stasiun terkadang tidak memiliki data hujan yang lengkap. Untuk itu, perlu dilakukan hitungan untuk melengkapi data hujan yang hilang tersebut. Langkah-langkah untuk mencari data curah hujan yang hilang dapat dilakukan dengan menggunakan metode hujan tahunan normal.

1. Menentukan tahun patokan di mana pada satu tahun yang sama, data curah hujan harian stasiun yang ada tersebut lengkap.
2. Menghitung setiap data curah hujan yang hilang dengan persamaan di bawah ini

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \quad (2-1)$$

keterangan:

P_x : Data hujan yang hilang
 P_i : Data hujan yang menjadi patokan
 L_i : Jarak antar stasiun

Penggunaan persamaan (2-1) dengan ketentuan data yang diambil harus pada waktu yang sama.

2.4. Data Hujan Harian Rata-Rata dan Maksimum Daerah

Luas DAS yang diperoleh sebelumnya ini yang kemudian dikalikan dengan data hujan harian setiap stasiun untuk setiap hari pada setiap tahun, dari data hujan harian rata-rata daerah kemudian dibagi luas total maka akan dihasilkan data hujan maksimum (H_{maks}) daerah setiap tahun. Untuk menghitung hujan harian rata-rata daerah digunakan persamaan:

$$\bar{R} = \frac{(R1 \times \%A1) + (R2 \times \%A2) + (R3 \times \%A3) + \dots + (Rn \times \%An)}{A_{total}} \quad (2-2)$$

keterangan:

- %A1 : % luas wilayah stasiun 1
- %A2 : % luas wilayah stasiun 2
- %A3 : % luas wilayah stasiun 3
- %An : % luas wilayah stasiun ke-n
- R1 : Curah hujan pada stasiun 1
- R2 : Curah hujan pada stasiun 2
- R3 : Curah hujan pada stasiun 3
- Rn : Curah hujan pada stasiun n
- \bar{R} : Curah hujan harian rata-rata daerah di tanggal yang sama.

Data curah hujan maksimum daerah didapat dengan mencari nilai maksimum dari curah hujan harian rata-rata daerah pada setiap tahunnya.

2.5. Perhitungan Debit

Perhitungan penelitian ini menggunakan analisis *waterbalance* dari Dr. F. J. Mock (1973) berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi potensial.

1. Data Curah Hujan

Perhitungan debit menggunakan data curah hujan bulanan stasiun yang dikalikan dengan proporsi luas masing-masing stasiun hujan kemudian dijumlahkan. Curah hujan ini disebut curah hujan bulanan kawasan (Rs). Perhitungan ini juga memerlukan banyaknya jumlah hari hujan (n).

2. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah penguapan yang terjadi dari permukaan yang bertanaman (*vegetated surface*). Nilai evapotranspirasi merupakan penjumlahan dari evaporasi dan transpirasi secara bersamaan. Penelitian ini menggunakan Metode Penman yang dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini.

$$E_{to} = \frac{\Delta E_n + \gamma E_o}{\Delta + \gamma} \quad (2-3)$$

atau,

$$E_{to} = \frac{\beta E_n + E}{\beta + 1} \quad (2-4)$$

dengan,

$$E_n = \frac{R_n}{\rho_w \times l_v} \quad (2-5)$$

$$E = 0,35 \times (0,5 + 0,54 u_2) \times (e_s - e_d) \quad (2-6)$$

Dengan $\beta = \frac{\Delta}{\gamma}$, yang merupakan fungsi temperatur. Nilai β diberikan dalam Tabel 2.1. Sedangkan untuk nilai e_s dapat dilihat pada Tabel 2.2.
keterangan:

E_{to}	: Evapotranspirasi potensial
E_n	: Kedalaman penguapan dalam (mm/hari)
E	: Evaporasi
u_2	: Kecepatan angin ketinggian 2 m di permukaan air (m/dtk)
e_s	: Tekanan uap jenuh (mmHg)
e_d	: Tekanan uap udara (mmHg)
R_n	: Radiasi netto yang diterima permukaan bumi (cal./cm ² /hari)
ρ_w	: Rapat massa air (gr/cm ³)
l_v	: Panas laten untuk evaporasi (cal./gr)

Cara di atas merupakan yang digunakan untuk menghitung evapotranspirasi potensial. Setelah melakukan perhitungan evapotranspirasi potensial dilanjutkan dengan perhitungan evapotranspirasi aktual. Selain itu, dikenal juga evapotranspirasi terbatas yaitu evapotranspirasi aktual dengan mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah serta frekuensi curah hujan (Mock, 1973). Berikut merupakan bentuk persamaan yang digunakan:

$$dE = E_{To} \cdot \left(\frac{m}{20}\right) \cdot (18-n) \quad (2-7)$$

$$E_{tl} = E_{To} - dE \quad (2-8)$$

keterangan:

dE	: Perbedaan antara evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi terbatas
E_{To}	: Evapotranspirasi potensial
n	: Jumlah hari hujan
m	: Persentase lahan yang tertutup vegetasi, ditaksir dari peta tata guna lahan dengan ketentuan berdasarkan Tabel 2.3.
E_{tl}	: Evapotranspirasi terbatas

Tabel 2.1. Nilai β Fungsi Temperatur

Temperatur T (°C)	$\beta = \frac{\Delta}{\gamma}$
0	0,68
5	0,93
10	1,25
15	1,66
20	2,19
25	2,86
30	3,69
35	4,73

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2014)

Tabel 2.2. Tekanan Uap Air Jenuh e_s

Suhu (°C)	Tekanan Uap Air Jenuh e_s		
	mmHg	mm bar	Pa
10	9,20	12,27	1228
11	9,84	13,12	1313
12	10,52	14,02	1403
13	11,23	14,97	1498
14	11,98	15,97	1599
15	12,78	17,04	1706
16	13,63	18,17	1819
17	14,53	19,37	1938
18	15,46	20,62	2065
19	16,46	21,94	2198
20	17,53	23,37	2339
21	18,65	24,86	2488
22	19,83	26,42	2645
23	21,05	28,06	2810
24	22,27	29,69	2985
25	23,75	31,66	3169
26	25,31	33,74	3363
27	26,74	35,65	3567
28	28,32	37,76	3781
29	30,03	40,03	4001
30	31,82	42,42	4244
31	33,70	44,93	4494
31	35,66	47,54	4756
33	37,73	50,30	5023
34	39,90	53,19	5321
35	42,18	56,23	5625

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2014)

Tabel 2.3. Persentase Lahan yang Tertutup Vegetasi

M	Keterangan
0	Lahan dengan hutan lebat
0	Lahan dengan hutan sekunder pada akhir musim hujan dan bertambah 10 % setiap bulan kering berikutnya.
10% - 40%	Lahan yang tererosi
30% - 50%	Lahan pertanian yang diolah (misal: sawah, ladang)

(Sumber: Mock, 1973)

3. Keseimbangan Air pada Permukaan Tanah

Keseimbangan air pada permukaan tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$S = R_s - E_{tl} \quad (2-9)$$

$$SMC_n = SMC_{n-1} + IS_n \quad (2-10)$$

$$WS = S - IS \quad (2-11)$$

keterangan:

S : Kandungan air tanah

R_s : Curah hujan bulanan

E_{tl} : Evapotranspirasi terbatas

IS_n : Tampung awal diambil antara 50-250 mm

SMC_n : Kelembaban tanah bulan ke-n

SMC_{n-1} : Kelembaban tanah bulan ke-(n-1)

WS : *Water Surplus*

4. Limpasan (*run off*) dan Tampung Air Tanah

Besarnya nilai limpasan dan tampung air tanah tergantung pada kondisi tanah di lokasi penelitian.

$$V_n = k \times V_{n-1} + 0,5 \times (1 + k) \times I \quad (2-12)$$

$$dV_n = V_n - V_{n-1} \quad (2-13)$$

keterangan:

V_n : Volume air bulan ke-n

V_{n-1} : Volume air bulan ke-n-1

k : Faktor resesi airan tanah diambil antara 0-1

I : Infiltrasi

I_n : Koefisien infiltrasi diambil antara 0-1

5. Aliran Sungai

Debit aliran diperoleh dari perhitungan aliran sungai dibagi oleh satuan waktu dan dikali oleh luas DAS seperti persamaan di bawah ini.

Debit yang didapatkan dalam $m^3/detik$.

Aliran dasar = Infiltrasi- Perubahan volume air dalam tanah

$$B_n = I - dV_n \quad (2-14)$$

Aliran permukaan = *Water surplus* – Infiltrasi

$$D_{ro} = WS - I \quad (2-15)$$

Aliran sungai = Aliran permukaan + Aliran dasar

$$RO = D_{ro} + B_n \quad (2-16)$$

$$\text{Debit} = \frac{RO \times CA \times 1000}{H \times 24 \times 3600} \quad (2-17)$$

2.6. Neraca Air

Neraca air dapat dinyatakan dalam interval waktu singkat atau untuk durasi panjang, untuk suatu DAS atau badan air seperti waktu atau danau (Triadmodjo, 2014). Secara umum persamaan dari neraca air adalah:

$$P + Q_i + G_i - E - T - Q_0 - G_0 - \frac{\Delta s}{\Delta t} = 0 \quad (2-18)$$

keterangan:

P : Presipitasi

Q_i, Q_0 : Debit aliran masuk dan keluar

G_i, G_0	: Aliran air tanah masuk dan keluar
E	: Evaporasi
T	: Evapotranspirasi
Δs	: Perubahan volume tampungan untuk selang waktu Δt

Untuk kondisi tertentu, beberapa suku di persamaan di atas dapat diabaikan tergantung pada sifat daerah yang ditinjau dan periode hitungan neraca air. Apabila evaluasi dilakukan dalam suatu periode panjang, variasi tampungan air relatif seimbang sehingga perubahan tampungan Δs dapat diabaikan. Pada suatu DAS tidak ada aliran yang masuk melalui batas DAS, maka $Q_i=0$ dan jika dalam suatu DAS dianggap tidak ada transfer air tanah dari satu DAS ke DAS di dekatnya, maka $G_i=G_0=0$.

Persamaan (2-19) menjadi :

$$P - E - T - Q = 0 \quad (2-19)$$

keterangan:

P	: Presipitasi
Q	: Debit sungai
E	: Evaporasi
T	: Evapotranspirasi

2.7. Ketersediaan Air

Ketersediaan air adalah jumlah air (debit) yang diperkirakan terus menerus ada di suatu lokasi (bendung atau bangunan air lainnya) di sungai dengan jumlah tertentu dan dalam jangka waktu (periode) tertentu (Direktorat Irigasi, 1980). Air yang tersedia tersebut dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti air baku yang meliputi air domestik (air minum dan rumah tangga) dan non domestik (perdagangan, perkantoran)

dan industri, pemeliharaan sungai, peternakan, perikanan, irigasi dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) (Triatmodjo, 2014).

2.8. Kebutuhan Air

Kebutuhan air dibedakan menjadi dua yakni kebutuhan air untuk irigasi dan kebutuhan air non irigasi.

Kebutuhan air irigasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti klimatologi, kondisi tanah, koefisien tanaman, pola tanam, pasokan air yang diberikan, luas daerah irigasi, efisiensi irigasi, penggunaan kembali drainase untuk irigasi, sistem golongan, jadwal tanam dan lain-lain (Triatmodjo, 2014). Kebutuhan air irigasi dihitung dengan persamaan:

$$KAI = \frac{(Etc + IR + WLR + P - Re)}{IE} \times A \quad (2-20)$$

keterangan:

KAI	: Kebutuhan Air Irigasi (liter/dtk)
Etc	: Kebutuhan air konsumtif (mm/hari)
IR	: Kebutuhan air irigasi ditingkat persawahan (mm/hari)
WLR	: Kebutuhan air untuk mengganti lapisan air (mm/hari)
P	: Perkolasi (mm/hari)
Re	: Hujan efektif (mm/hari)
IE	: Efisiensi irigasi (%)
A	: Luas areal irigasi (ha)

Perhitungan ini menggunakan standar kebutuhan air untuk irigasi sebesar 1 liter/detik/ha sesuai dengan SNI 19-6728.1-2002. Kebutuhan air non irigasi dibedakan menjadi beberapa kebutuhan yakni kebutuhan air domestik, kebutuhan air untuk perkantoran, kebutuhan air untuk rumah sakit, kebutuhan air untuk pendidikan, kebutuhan air untuk rumah

peribadatan, kebutuhan air untuk hotel, kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai/penggelontoran, kebutuhan air untuk peternakan, kebutuhan air untuk industri dan kebutuhan air untuk lain-lain. Kebutuhan air domestik tergantung pada jumlah penduduk yang ada di suatu wilayah. Penentuan kebutuhan tiap kategori dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Kategori Kebutuhan Air Domestik

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
		>1000000	500000 s/d 1000000	100000 s/d 500000	20000 s/d 100000	<20000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1.	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) l/o/h	>150	150-120	90-120	80-120	60-80
2.	Konsumsi unit hidran umum (HU) l/o/h	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40
3.	Konsumsi unit non domestik l/o/h (%)	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	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,35	1,15-1,25	1,15-1,25
6.	Faktor jam puncak	1,75-1,25	1,75-2,0	1,75-2,0	1,75	1,75
7.	Jumlah jiwa per SR	5	5	5	5	5
8.	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100	100
9.	Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10.	Jam operasi	24	24	24	24	24
11.	Volume reservoir (%) max day demand)	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
12.	SR:HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13.	Cakupan pelayanan (%)	90	90	90	90	70

(Sumber: Ditjen Cipta Karya DPU, 2000)

Kebutuhan air non domestik untuk wilayah kota dibagi menjadi beberapa kategori antara lain.

1. Kota Kategori I (Metro)
2. Kota Kategori II (Kota Besar)
3. Kota Kategori III (Kota Sedang)
4. Kota Kategori IV (Kota Kecil)
5. Kota Kategori V (Desa)

Kebutuhan air bersih non domestik untuk Kategori I sampai dengan Kategori V dan beberapa sektor lain menurut Direktorat Teknik Penyehat, Dirjend Cipta Karya DPU adalah sebagai berikut.

Tabel 2.5. Kebutuhan Air Non Domestik Kota Ketegori I, II, III dan IV

No	Sektor	Nilai	Satuan
1.	Sekolah	10	liter/siswa/hari
2.	Rumah Sakit	250	liter/tempat tidur/hari
3.	Puskesmas	2000	liter/hari
4.	Masjid	3000	liter/hari
5.	Kantor	10	liter/pegawai/hari
6.	Pasar	12000	liter/ha/hari
7.	Hotel	150	liter/tempat tidur/hari
8.	Rumah Makan	100	liter/tempat duduk/hari
9.	Kompleks Militer	60	liter/orang/hari
10.	Kawasan Industri	0,2-0,8	liter/detik/hari
11.	Kawasan Pariwisata	0,1-0,3	liter/detik/hari

(Sumber: Dirjend Cipta Karya DPU, 2000)

Tabel 2.6. Kebutuhan Air Non Domestik Kota Ketegori V

No	Sektor	Nilai	Satuan
1.	Sekolah	5	liter/siswa/hari
2.	Rumah Sakit	200	liter/tempat tidur/hari
3.	Puskesmas	1200	liter/hari
4.	Hotel	90	liter/ hari
5.	Kawasan Industri	10	liter /hari

(Sumber: Dirjend Cipta Karya DPU, 2000)

Tabel 2.7. Kebutuhan Air Non Domestik Kota Ketegori Lain

No	Sektor	Nilai	Satuan
1.	Lapangan Terbang	5	liter/siswa/hari
2.	Pelabuhan	200	liter/tempat tidur/hari
3.	Stasiun KA-Terminal Bus	1200	liter/hari
4.	Kawasan Industri	10	liter /hari

(Sumber: Dirjend Cipta Karya DPU, 2000)

Tabel 2.8. Kebutuhan Air untuk Ternak

No	Sektor	Nilai	Satuan
1.	Sapi/kerbau/kuda	40	liter/siswa/hari
2.	Kambing/domba	5	liter/tempat tidur/hari
3.	Babi	6	liter/hari
4.	Unggas	0,6	liter /hari

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2014)