

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Embung

Embung berfungsi sebagai penampung limpasan air hujan/*runoff* yang terjadi di Daerah Pengaliran Sungai (DPS) yang berada di bagian hulu. Konstruksi embung pada umumnya merupakan tipe urugan yang memanfaatkan bahan timbunan dari daerah genangan yang direncanakan. Embung dapat dikategorikan dalam 3 (tiga) tipe utama yaitu :

1. Embung tipe urugan homogen ; tubuh embung tersusun dari bahan tanah sejenis.
2. Embung tipe urugan *zonal* ; tubuh embung tersusun dari susunan batuan yang berbeda – beda dengan susunan dan urutan pelapisan tertentu.
3. Embung tipe urugan bersekat ; tubuh embung tersusun dari timbunan tanah/batuan dengan gradasi yang beragam dengan pelapisan di permukaan yang terbuat dari bahan kedap air.

Lokasi embung dipilih berdasarkan pada kondisi topografi alam yang sedemikian rupa sehingga dapat menampung air sebanyak mungkin dengan volume pekerjaan timbunan tubuh embung sedikit mungkin. Dengan demikian maka harus dicari celah sungai yang paling sempit. Nilai lahan tergenang harus

menjadi bahan pertimbangan yang penting. Pemeliharaan lokasi embung harus menyesuaikan dengan fungsi embung sebagai penyediaan kebutuhan air baik sebagai penyedia air irigasi maupun air baku masyarakat di sekitarnya (Sudjarwadi, 1987)

## **B. Evapotranspirasi**

Evapotranspirasi adalah kombinasi proses kehilangan air dari suatu lahan bertanaman melalui evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses dimana air diubah menjadi uap air (*vaporasi, vaporization*) dan selanjutnya uap air tersebut dipindahkan dari permukaan bidang penguapan ke atmosfer (*vapor removal*). Evaporasi terjadi pada berbagai jenis permukaan seperti danau, sungai lahan pertanian, tanah, maupun dari vegetasi yang basah. Transpirasi adalah vapisasi di dalam jaringan tanaman dan selanjutnya uap air tersebut dipindahkan dari permukaan tanaman ke atmosfer (*vapor removal*). Pada transpirasi, vapisasi terjadi terutama di ruang antar sel daun dan selanjutnya melalui stomata uap air akan lepas ke atmosfer. Hampir semua air yang diambil tanaman dari media tanam (tanah) akan ditranspirasikan, dan hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan tanaman (Allen *et.al.* 1998).

Istilah evapotranspirasi yang sering digunakan yaitu, evapotranspirasi aktual ( $ET_a$ ), evapotranspirasi maksimum ( $ET_m$ ), evapotranspirasi potensial ( $ET_0$ ), dan evapotranspirasi tanaman ( $ET_c$ ).

1. Evapotranspirasi aktual ( $ET_a$ ) merupakan evapotranspirasi yang terjadi pada kondisi kandungan air tanah di lapangan dan disebut air yang digunakan untuk tanaman (*crop water use*), yang lebih rendah daripada kebutuhan evapotranspirasi (*evapotranspiration demand*).
2. Evapotranspirasi maksimum ( $ET_m$ ) adalah evapotranspirasi pada kondisi air tanah tidak menjadi faktor pembatas.
3. Evapotranspirasi potensial ( $ET_o$ ) adalah laju evapotranspirasi dari rumput hijau yang luas dengan penutupan tanah sempurna, ketinggian seragam 8 – 15 cm, tumbuh secara aktif bebas hama/penyakit dan tidak terbatas. Jika kecepatan evapotranspirasi maksimum ditentukan oleh kondisi iklim maka diperoleh evapotranspirasi acuan/potensial ( $ET_o$ ).
4. Evapotranspirasi tanaman ( $ET_c$ ) merupakan kebutuhan air konsumtif tanaman untuk tiap satuan waktu. Besarnya nilai  $ET_c$  dapat didekati dengan mengalikan evapotranspirasi potensial dengan koefisien tanaman. (Triatmodjo,2008)

### C. Kebutuhan Air Tanaman Tebu

Kebutuhan air tanaman adalah jumlah air per satuan waktu yang dibutuhkan untuk evapotranspirasi, biasanya dinyatakan dalam satuan mm/hari. (Sri Harto,1990). Kebutuhan air tanaman merupakan jumlah air yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh optimal yang dapat pula diartikan sebagai jumlah air yang digunakan untuk memenuhi proses evapotranspirasi tanaman. Tabel 1. di bawah ini menunjukkan kisaran  $ET_m$  untuk tanaman tebu.

Tabel 1. Kisaran Evapotranspirasi Tanaman ( $ET_m$ ) Tebu berdasarkan pertumbuhan tebu per bulan

Umur (Bulan)	$ET_m$ (mm/bulan)	Umur (Bulan)	$ET_m$ (mm/bulan)
1	59,40 – 75,20	7	123,48 – 143,22
2	86,40 – 109,12	8	113,40 – 133,45
3	103,23 – 122,76	9	113,40 – 133,45
4	117,60 – 136,40	10	86,40 – 104,16
5	123,48 – 143,22	11	64,80 – 78,12
6	123,48 – 143,22	12	37,80 – 47,44

Sumber : Aslasuri dkk,1998

Dari Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa nilai evapotranspirasi tanaman tebu sejak berumur 1(satu) sampai 12 (dua belas) bulan berkisar antara 37,48 mm/bulan sampai 143,22 mm/bulan. Perbedaan ini disebabkan oleh kondisi iklim, tanah, dan tanaman. Kebutuhan air terbesar terjadi pada saat tebu berumur 4 (empat) sampai 9 (sembilan) bulan, dimana pada umur tersebut tebu berada pada masa vegetatif aktif. Pada masa tersebut, kekurangan air akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tebu seperti diameter batang kecil dan jarak antar buku kecil sehingga tinggi pohon berkurang. Kebutuhan air terendah terjadi pada saat tebu berumur 12 (dua belas) bulan, yaitu masa siap panen. Saat itu tebu tidak membutuhkan banyak air lebih, karena kelebihan air akan berpengaruh pada proses pemasakan yaitu menyebabkan rendemen tebu turun.

#### **D. Neraca Air Lahan dan Penggunaannya**

Sosrodarsono dan Takeda,1980 mengartikan bahwa neraca air dalam proses sirkulasi air adalah penjelasan mengenai hubungan antara aliran ke dalam (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) di suatu daerah untuk satu periode tertentu. Dalam bidang agroklimatologi, neraca air merupakan selisih antara jumlah air yang diterima oleh tanaman dan kehilangan air dari tanaman beserta tanah melalui evapotranspirasi (Frere dan Popov, 1979 dalam Rosadi,1998).

Neraca air lahan (Nasir, 1986 dalam Rosadi, 1998) dapat digunakan untuk mempertimbangkan kesesuaian untuk pertanian lahan tadah hujan, mengatur jadwal tanam dan panen, dan mengatur pemberian air irigasi baik jumlah maupun waktunya sesuai dengan keperluan, dengan asumsi :

- a. Lahan datar tertutup vegetasi dimana secara umum evapotranspirasinya dapat diwakili oleh evapotranspirasi rumput
- b. Lahan kering tanpa masukan air dari luar selain presipitasi terutama curah hujan
- c. Penggunaan air (keluaran) dengan urutan sebagai berikut : evapotranspirasi aktual, perubahan kandungan air tanah ( $\Delta KAT$ ), run off (RO) dan drainase (DR)
- d. Tanah terdiri dari acuan butiran yang homogen sehingga kandungan air tanah pada tingkat kapasitas lapang (KL) dianggap mewakili seluruh lapisan dan hamparan tanah.

### E. Kebutuhan Air Irigasi

Dalam memanfaatkan air dari sumber ke lahan budidaya memungkinkan adanya air yang hilang pada saat di saluran pembawa dan saat air di lahan yang tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Dalam hal pemberian air irigasi hal tersebut dikenal dengan efisiensi penyaluran air irigasi dan efisiensi pemakaian air.

Efisiensi penyaluran air irigasi dengan saluran tertutup sangat tinggi dapat mencapai 80 – 90%, sedangkan untuk saluran tanah terbuka sekitar 50 – 60% dan saluran terbuka yang di lining sekitar 60-70%. Besarnya efisiensi pemakaian air tergantung pada sistem irigasi yang diaplikasikan, untuk sistem irigasi permukaan seperti irigasi alur berkisar antara 60 - 70%, sedangkan irigasi curah (*sprinkler*) mempunyai efisiensi lebih tinggi berkisar 75 - 85% (Triatmodjo, 2008).

Besarnya Volume kebutuhan air irigasi setiap hari untuk luasan tertentu di sumber air dapat dihitung dengan rumus:

$$VIR = \frac{ETc \times A_i \times 10}{E} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

VIR = Volume kebutuhan air irigasi setiap hari (m<sup>3</sup>)

ETc = Kebutuhan air tanaman (mm/hari)

Ai = Luas areal budidaya (ha)

E = Efisiensi irigasi (Efisiensi penyaluran dan pemakaian), diambil 50%

Dalam praktiknya, pemberian air irigasi dilakukan untuk memberikan kandungan air tanah (KAT) yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman yakni dari kondisi kandungan air tanah kritis ( $\theta_c$ ) sampai dengan Kapasitas Lapang (KL). Tebal air irigasi (kebutuhan air irigasi di lahan) yang diberikan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$IR = \frac{(KL - \theta_c) \times BV \times D}{10} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

IR = Kebutuhan air irigasi di lahan

KL = Kondisi air tanah saat kapasitas lapang (20% berat kering)

$\theta_c$  = Kandungan air tanah kritis

BV = Berat Volume Tanah

D = Kedalaman solum tanah (100cm)

#### **F. Ketersediaan Air di Embung**

Di daerah tropis seperti di Indonesia curah hujan merupakan sumber yang pokok bagi tersedianya air irigasi terutama air permukaan termasuk embung, danau dan situ yang berupa waduk berukuran kecil. Air hujan yang tercurah pada suatu wilayah sebagian akan terinfiltrasi melalui pori-pori tanah dan masuk ke dalam tanah menjadi perkolasi, sebagian yang lain akan menjadi aliran permukaan yang akan mengisi waduk, embung, situ dan sebagainya.

Embung/ tampungan air atau bendungan tanah kecil merupakan sumber air irigasi yang akan diisi oleh run off air hujan pada musim penghujan dan dimanfaatkan pada musim kering pada suatu areal budidaya tanaman.

Dalam pengertian pemanfaatan air alami seperti air hujan pertimbangan ketersediaan air di lapangan dapat didekati dengan :

#### 1. Curah Hujan Efektif (Re)

Curah hujan efektif adalah curah hujan andalan yang jatuh di suatu daerah dan digunakan tanaman untuk pertumbuhan. Curah hujan tersebut merupakan curah hujan wilayah yang harus diperkirakan dari titik pengamatan yang dinyatakan dalam milimeter (Sosrodarsono dan Takeda, 1985). Penentuan curah hujan efektif didasarkan atas curah hujan bulanan yaitu menggunakan  $R_{80}$  yang berarti kemungkinan tidak terjadinya 20 % (Triatmodjo, 2008). Potensi pemanenan air hujan dihitung dengan menggunakan probabilitas hujan minimum 80% metode Gumbel, dengan menggunakan plotting sebagai berikut :

$$Re = 0,7 \times (1/15) (R_{80}) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

Re = curah hujan efektif (mm/hari)

$R_{80}$  = curah hujan yang kemungkinan tidak terpenuhi 20 %

$R_{80}$  diperoleh dari urutan data. Untuk menentukannya dapat

digunakan dengan menggunakan rumus :

$$m = (n/5) + 1$$



$m$  = ranking dari urutan terkecil

$n$  = jumlah hasil pengamatan

Untuk menentukan besaran curah hujan efektif untuk tanaman palawija dan tebu dapat didekati dengan rumus FAO :

$Re = 0,6 R_{tot} - 10$  , untuk curah hujan bulanan  $< 60$

$Re = 0,8 R_{tot} - 25$  untuk curah hujan bulanan  $> 60$  mm

## 2. Kapasitas Tampung

Untuk mengetahui kapasitas tampungan air pada embung digunakan analisis volume tampung kumulatif dari volume yang dibatasi dengan kontur tertentu, dengan rumus sederhana yang diterbitkan oleh Manual Pembuatan Bendungan Pengendali Sedimen Departemen Pekerjaan Umum :

$$V_t = \sum \frac{I_k}{3} (A_i + A_{i+1} + A_i \cdot A_{i+1}) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

$I_k$  = interval kontur ( $I_k$ )

$A_i$  = luas kontur ke  $- i$

$A_{i+1}$  = luas kontur ke  $i + 1$

## G. Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan tanah untuk mengalirkan air melalui pori-porinya. Permeabilitas tanah penting, untuk mengetahui besarnya infiltrasi dan perkolasi yang akan terjadi. Nilai permeabilitas dapat ditentukan dengan parameter (Sudjarwadi, 1987).

Tabel 2. di bawah ini menunjukkan tentang hubungan angka permeabilitas dengan karakteristik tanah.

Tabel 2. Hubungan Jenis Tanah dengan Koefisien Permeabilitas Lapangan

<b>Jenis Tanah</b>	<b>Koefisien k (cm/dt)</b>
Kerikil Murni	$\geq 1$
Pasir Kasar	1 s/d 0.01
Pasir Campuran	0.01 s/d 0.05
Pasir halus	0.05 s/d 0.001
Pasir berlanau	0.002 s/d 0.0001
Lanau	0.0005 s/d 0.0001
Lempung	$\leq 0.000001$

Sumber : Hary,1994.

## H. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana didefinisikan sebagai debit banjir yang secara statistik akan terlampaui satu kali dalam kala ulang tertentu (Triatmodjo,2008). Menentukan debit banjir rancangan pada suatu Daerah Aliran Sungai harus melalui tahapan, yaitu :

### 1. Analisis Frekuensi

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Ada beberapa metode analisis statistik distribusi probabilitas data curah hujan , yaitu :

a) Metode *Log Pearson III*

Metode ini disebut *Log Pearson III* karena metode ini melibatkan tiga parameter dalam proses perhitungannya. Ketiga parameter tersebut adalah harga rata-rata data ( $\bar{R}$ ), standar deviasi data, dan koefisien kemencengan ( $C_s$ ).

Prosedur perhitungan metode ini yaitu :

- Mengurutkan data hujan maksimum tahunan
- Menghitung nilai tengah ( $\bar{X}$ ) dan koefisien variasi ( $\sigma/\bar{X}$ )
- Menghitung koefisien kemencengan ( $C_s$ ) dengan rumus :

$$C_s = \sum \left( \frac{x_i}{\bar{x}} - 1 \right)^3 * \left( 1 + \frac{8.5}{n} \right) * \frac{1}{(n - 1) * C_v^3} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

- Mencari faktor K untuk kala ulang yang ditentukan berdasarkan nilai  $C_s$  dari tabel dengan interpolasi.
- Hitung nilai  $X_T$  dengan kala ulang tertentu (T) :

$$X_T = \bar{X} + K\sigma \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

b) Metode Gumbel

Metode ini diciptakan oleh E.J. Gumbel pada tahun 1941. Dalam metode ini data yang akan diolah diasumsikan mempunyai sebaran tertentu yang disebut sebaran Gumbel.

- Mengumpulkan hujan harian maksimum tahunan dan menyusunnya dalam suatu tabel data. Hujan harian maksimum tahunan adalah hujan dalam tahun tertentu.
- Mencari nilai rata-rata dan standar deviasi dari data.
- Menghitung hujan rancangan dengan rumus:

$$R_T = \bar{R} + \frac{(Y_T - Y_n)}{S_n} \cdot Std(R) \dots\dots\dots(2.7)$$

di mana:

$R_T$  = curah hujan rencana dengan periode ulang T

$\bar{R}$  = rata-rata data

$Y_T$  = **reduced variates** yang nilainya dihitung berdasarkan rumus:

$$Y_T = -\ln\left(-\ln\left[\frac{(T-1)}{T}\right]\right) \dots\dots\dots(2.8)$$

T = kala ulang

$Y_n$  = **reduced mean** yang nilainya berdasarkan jumlah data (tabel  $Y_n$ )

$Std(R)$  = standar deviasi dari data

$S_n$  = **reduced standard deviation** yang nilainya berdasarkan jumlah data (tabel  $S_n$ )

Debit rencana dapat dihitung dari kedalaman hujan titik dalam metode rasional untuk menentukan debit puncak pada sebuah perencanaan bangunan sipil.