

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu menjadi salah satu referensi atau acuan bagi penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang di lakukan. Beberapa penelitian yang relevan dengan pembahasan tentang irigasi adalah sebagai berikut:

Mochamad Rangga A P, Tahun 2012, dengan judul “*Studi Efisiensi Pemberian Air Irigasi Desa Kutoharjo, Kecamatan Pati, Kabupaten Pati, Jawa Tengah*”. Membahas tentang efisiensi pada saluran tersier pada jaringan irigasi di Desa Kutoharjo. Dengan menggunakan data Kecepatan aliran air ( $V_{Av}$ ), Luas penampang saluran (A), Debit aliran di saluran (Q), Kebutuhan air untuk tanaman dan kebutuhan air disetiap area irigasi, dan efisiensi pemberian air irigasi pada setiap saluran (E).

Lukman Marpaung, Tahun 2016, dengan judul “*Evaluasi Jaringan Saluran Irigasi Paya Sordang Kabupaten Tapanuli Selatan*”. Membahas tentang evaluasi jaringan saluran irigasi ditinjau dari tingkat efisiensi dan efektifitas saluran sekunder Paya Sordang. Analisa tingkat efisiensi ditinjau dari evaluasi debit aliran di pangkal dan di ujung saluran. Sebagai sampel diambil 4 saluran yaitu pada saluran BPS.12 – BPS.13, BPS.14 - BPS.15, BPS.16 – BPS.17 dan BPS.18 – BPS.19. Tingkat efisiensi pada saluran sekunder Paya Sordang tersebut sebesar 89,09 % dengan tingkat efektifitas saluran sebesar 98,23 %.

Haposan Maditua Simonangkir, Tahun 2018, dengan judul “*Kinerja Sistem Irigasi Tingkat Tersier UPTD Trimurjo Daerah Irigasi Punggur Utara*”. Membahas tentang efisiensi penyaluran air, dan kinerja sistem irigasi tingkat tersier UPTD Trimurjo dengan Pengambilan sampel penelitian menggunakan metode *stratified purposive random sampling*. Sampel yang diperoleh menggunakan *metode stratified purposive random sampling* adalah sebanyak 14 sampel dari 85 petak tersier di UPTD Trimurjo.

## 2.2 Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu tentang kehadiran dan gerakan air di alam. Pada prinsipnya, jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan “siklus hidrologi”. Siklus Hidrologi adalah suatu proses yang berkaitan, dimana air diangkut dari lautan ke atmosfer (udara), ke darat dan kembali lagi ke laut, (Gambar 2.1).



**Gambar 2.1 Ilustrasi siklus hidrologi**

(sumber : Lukman marpaung, 2016)

Hujan yang jatuh ke bumi baik langsung menjadi aliran maupun tidak langsung yaitu melalui vegetasi atau media lainnya akan membentuk siklus aliran air mulai dari tempat yang tinggi (gunung, pegunungan) menuju ke tempat yang rendah baik di permukaan tanah maupun di dalam tanah yang berakhir di laut. Hujan jatuh ke bumi baik secara langsung maupun melalui media misalnya melalui tanaman (*vegetasi*). Di bumi air mengalir dan bergerak dengan berbagai cara. Pada retensi (tempat penyimpanan) air akan menetap untuk beberapa waktu. Retensi dapat berupa retensi alam seperti daerah cekungan, danau tempattempat yang rendah dan lain - lain, maupun retensi buatan seperti tampungan, sumur, embung, waduk dan lain – lain.

Secara gravitasi (alami) air mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah, dari gunung-gunung, pegunungan ke lembah, lalu ke daerah yang lebih rendah, sampai ke daerah pantai dan akhirnya akan bermuara ke laut. Aliran air ini disebut aliran permukaan tanah karena

bergerak di atas muka tanah. Aliran ini biasanya akan memasuki daerah tangkapan atau daerah aliran menuju kesistem jaringan sungai, sistem danau atau waduk. Dalam sistem sungai aliran mengalir mulai dari sistem sungai kecil ke sistem sungai yang besar dan akhirnya menuju mulut sungai atau sering disebut *estuary* yaitu tempat bertemunya sungai dengan laut.

Air hujan sebagian mengalir meresap kedalam tanah atau yang sering disebut dengan Infiltrasi, dan bergerak terus kebawah. Air hujan yang jatuh ke bumi sebagian menguap (evaporasi dan transpirasi) dan membentuk uap air. Sebagian lagi mengalir masuk kedalam tanah (infiltrasi, perkolasi, kapiler). Air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang – ruang antara butir – butir tanah dan di dalam retak – retak dari batuan. Dahulu disebut air lapisan dan yang terakhir disebut air celah (*fissure water*). Aliran air tanah dapat dibedakan menjadi aliran tanah dangkal, aliran tanah antara dan aliran dasar (*base flow*). Disebut aliran dasar karena aliran ini merupakan aliran yang mengisi sistem jaringan sungai. Hal ini dapat dilihat pada musim kemarau, ketika hujan tidak turun untuk beberapa waktu, pada suatu sistem sungai tertentu aliran masih tetap dan kontinyu.

Sebagian air yang tersimpan sebagai air tanah (*groundwater*) yang akan keluar ke permukaan tanah sebagai limpasan, yakni limpasan permukaan (*surface run off*), aliran intra (*interflow*) dan limpasan air tanah (*groundwater runoff*) yang terkumpul di sungai yang akhirnya akan mengalir ke laut kembali terjadi penguapan dan begitu seterusnya mengikuti *siklus hidrogi*.

Penyimpanan air tanah besarnya tergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu. Kondisi tata guna lahan juga berpengaruh terhadap tampungan air tanah, misalnya lahan hutan yang beralih fungsi mejadi daerah pemukiman dan curah hujan daerah tersebut. Sebagai permulaan dari simulasi harus ditentukan penyimpanan awal (*initial storage*).

Hujan jatuh ke bumi baik secara langsung maupun melalui media misalnya melalui tanaman (*vegetasi*), masuk ke tanah begitu juga hujan yang terinfiltrasi. Sedangkan air yang tidak terinfiltrasi yang merupakan limpasan mengalir ke tempat yang lebih rendah, mengalir ke danau dan tertampung. Dan hujan yang langsung jatuh di atas sebuah danau (*reservoir*) air hujan (*presipitasi*) yang langsung jatuh diatas danau menjadi tampungan langsung. Air yang tertahan di danau akan mengalir melalui sistem jaringan

sungai, permukaan tanah (akibat debit banjir) dan merembes melalui tanah. Dalam hal ini air yang tertampung di danau adalah *inflow* sedangkan yang mengalir atau merembes adalah *outflow*, (Gambar 2.2).

Bentuk persamaan neraca air suatu danau atau *reservoir*:

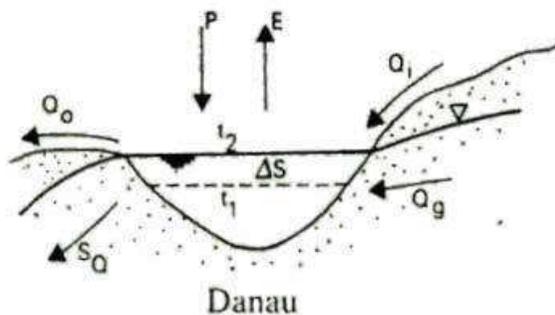
$$\text{Perolehan (inflow) = Kehilangan (outflow) .....(2.1)}$$

$$Q_i + Q_g + P - \Delta S = Q_o + SQ + E_o .....(2.2)$$

$$Q_{in} - Q_{out} = \Delta S .....(2.3)$$

Dimana:

- $Q_i$  = masukan air/ *direct run-off (inflow)*
- $Q_g$  = *base flow (inflow)*
- $Q_o$  = *outflow*
- $P$  = Presipitasi
- $SQ$  = Perembesan
- $E_o$  = Evaporasi air permukaan bebas
- $\Delta S$  = Perubahan dalam cadangan
- $t_1$  = Muka air setelah kehilangan
- $t_2$  = Muka air sebelum kehilangan



**Gambar 2.2 Parameter Neraca Air**  
 (sumber : Lukman marpaung, 2016)

Akibat panas matahari air dipermukaan bumi juga akan berubah wujud menjadi gas/uap dalam proses evaporasi dan bila melalui tanaman disebut transpirasi. Air akan di ambil oleh tanaman melalui akar-akarnya yang dipakai untuk kebutuhan hidup dari tanaman tersebut, lalu air di dalam tanaman juga akan keluar berupa uap akibat energi panas matahari (evaporasi). Proses pengambilan air oleh akar tanaman kemudian terjadinya

penguapan dari dalam tanaman disebut transpirasi.

Evaporasi yang lain dapat terjadi pada sistem sungai, embung, reservoir, waduk maupun air laut yang merupakan sumber air terbesar. Walaupun laut adalah tempat dengan sumber air terbesar namun tidak bisa langsung di manfaatkan sebagai sumber kehidupan karena mengandung garam atau air asin.

## **2.3 Evapotranspirasi**

### **2.7.1 Evaporasi**

Evaporasi merupakan faktor penting dalam studi pengembangan sumber-sumber daya air. Evaporasi sangat mempengaruhi debit sungai, besarnya kapasitas waduk, besarnya kapasitas pompa untuk irigasi, penggunaan konsumtif untuk tanaman dan lain-lain.

Bila penguapan alamiah dipandang sebagai suatu proses pertukaran energi, maka dapat diperkirakan bahwa radiasi matahari merupakan factor terpenting dalam analisa evaporasi. Evaporasi adalah suatu proses dimana cairan langsung berubah menjadi uap. Air akan menguap dari tanah, baik tanah gundul atau tertutup oleh tanaman dan perpokohonan, permukaan tidak tembus air seperti atap atau jalan raya, air bebas dan air mengalir. Laju evaporasi atau penguapan akan berubah-ubah menurut warna dan sifat pemantulan permukaan (albedo) dan juga akan berbeda untuk permukaan yang langsung tersinari oleh matahari dengan permukaan yang terlindungi oleh sinar matahari.

Di daerah yang beriklim sedang dan lembab, kehilangan air lewat evaporasi air bebas dapat mencapai 60 cm per tahun dan kira-kira 45 cm per tahun lewat evaporasi permukaan tanah. Di daerah beriklim sedang seperti Saudi Arabia angka evaporasi bisa mencapai 200 cm per tahun jika terdapat curah hujan yang banyak dan 10 cm per tahun jika tidak ada curah hujan dalam waktu yang lama.

### **2.7.2 Transpirasi**

Semua jenis tanaman memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya dan masing-masing jenis tanaman berbeda-beda kebutuhannya. Hanya sebagian kecil saja air yang tinggal di dalam tumbuh-tumbuhan, sedangkan

sebagian besar lagi setelah diserap lewat akar-akar dan dahan-dahan akan ditranspirasikan lewat bagian daun tumbuh-tumbuhan. Proses ini membentuk suatu fase penting dari siklus hidrologi, dimana hujan yang jatuh ke tanah dikembalikan ke atmosfer.

Saat udara memasuki daun, air ke luar melalui stomata yang terbuka, inilah yang disebut proses dari transpirasi. Pertumbuhan tanaman umumnya berhenti pada saat temperatur turun sampai mendekati ( $0^{\circ}\text{C}$ ) dan transpirasinya menjadi sangat kecil.

### **2.7.3 Evapotranspirasi**

Evapotranspirasi merupakan perpaduan dua proses yakni evaporasi dan transpirasi. Kombinasi dua proses yang saling terpisah dimana kehilangan air dari permukaan tanah melalui proses evaporasi dan kehilangan air tanaman melalui proses transpirasi.

Proses hilangnya air akibat evapotranspirasi merupakan salah satu komponen penting dalam hidrologi karena proses tersebut dapat mengurangi simpanan air dalam tanah dan tanaman. Oleh karena itu data evapotranspirasi sangat dibutuhkan untuk tujuan irigasi atau pemberian air, perencanaan irigasi atau untuk konservasi air

## **2.4 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Evapotranspirasi**

### **2.4.1 Faktor Meteorologi**

#### **a. Penyinaran matahari**

Penyinaran matahari secara langsung akan mempengaruhi besar kecilnya evapotranspirasi. Makin lama penyinaran matahari per harinya maka makin besar pula evapotranspirasi dan sebaliknya. Proses ini terjadi hampir tanpa berhenti pada siang hari dan kerap terjadi pada malam hari. Perubahan wujud dari air menjadi gas memerlukan input energi yang berupa panas. Proses tersebut sangat aktif jika ada penyinaran langsung dari matahari.

b. Temperatur

Temperatur ini dapat berupa suhu badan air, tanah, dan tanaman ataupun juga suhu atmosfer. Seperti disebutkan di atas suatu input energi sangat diperlukan agar evapotranspirasi berjalan terus. Jika suhu udara dan tanah semakin tinggi, maka proses evapotranspirasi akan berjalan lebih cepat dibandingkan jika suhu udara dan tanah rendah, karena adanya energi panas yang tersedia. Kemampuan udara untuk menyerap uap air akan naik jika suhunya naik, maka suhu udara mempunyai efek ganda terhadap besarnya evapotranspirasi, sedangkan suhu tanah, daun tumbuhan dan suhu air hanya mempunyai efek tunggal.

c. Kelembaban relatif (RH)

Kemampuan untuk menyerap uap air akan berkurang sehingga laju evaporasi akan menurun jika kelembaban relatif udara naik. Ketika stomata daun tanaman terbuka, difusi uap udara yang keluar dari daun tergantung pada perbedaan antara tekanan uap air di dalam rongga sel dan tekanan air pada atmosfer.

d. Kecepatan angin (v)

Angin merupakan faktor yang menyebabkan terdistribusinya air yang telah diuapkan ke atmosfer, sehingga proses penguapan dapat berlangsung terus sebelum terjadinya kejenuhan kandungan uap di udara. Agar proses tersebut berjalan terus maka lapisan jenuh itu harus diganti dengan udara kering. Pergantian itu dapat terjadi hanya kalau ada angin. Jadi kecepatan angin memegang peranan dalam proses evapotranspirasi, karena makin cepat angin berhembus maka semakin besar evapotranspirasi.

e. Letak lintang

Letak lintang akan mempengaruhi iklim suatu daerah seperti lamanya penyinaran matahari, temperatur, angin, dan lain-lain, sehingga mempengaruhi besar evapotranspirasi. Pada suatu zona iklim tertentu ET akan berbeda sesuai dengan ketinggian dihitung dari elevasi permukaan air laut, ini sebenarnya bukan berbeda karena ketinggian itu sendiri tetapi diakibatkan oleh temperatur, karena lengas dan kecepatan angin berhembus yang berkaitan dengan ketinggian wilayah yang dimaksud juga radiasi matahari untuk wilayah tinggi berbeda dengan wilayah yang rendah.

$$ET_0 = c [ w R_n + (1 - w) f(u) (e_a - e_d) ] \dots\dots\dots(2.4)$$

di mana :

- $ET_0$  = evapotranspirasi acuan (mm/hari)  
 $w$  = faktor koreksi terhadap temperature  
 $R_n$  = radiasi netto (mm/hari)  
 $f(u)$  = fungsi angin  
 $(e_a - e_d)$  = perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air nyata (mbar)  
 $c$  = faktor pergantian cuaca akibat siang dan malam

$$e_d = RH \times e_a = \text{tekanan uap nyata (mbar)}$$

dimana :

- $RH$  = kelembaban relatif (%)  
 $f(u)$  =  $0,27 (1 + u/100)$  = fungsi kecepatan angin

dimana :

- $u$  = kecepatan angin (km/jam)  
 nilai fungsi angin  $f(u) = 0,27 (1 + u/100)$  untuk kecepatan pada tinggi 2m

$$R_s = (0,25 + 0,5 \cdot n/N). R_a = \text{radiasi gelombang pendek}$$

Dimana :

- $R_a$  = radiasi extra terestria (mm/hari)  
 $n/N$  = rasio lama penyinaran  
 $N$  = lama penyinaran maksimum

$$R_{ns} = R_s \cdot (1 - \alpha) = \text{rasio netto gelombang pendek}$$

Dimana :

- $\alpha = 0,25 \cdot f(T') = \sigma \cdot T'^4 = \text{fungsi temperatur}$   
 $f(e_d) = 0,33 - 0,44 \cdot (e_d)^{0,5} = \text{fungsi tekanan uap nyata}$   
 $f(n/N) = 0,1 + 0,9 \cdot n/N = \text{fungsi rasio lama penyinaran}$   
 $R_{nl} = f(T') \cdot f(e_d) \cdot f(n/N) = \text{radiasi netto gelombang panjang dan } R_n = R_{ns} - R_{nl} = \text{radiasi netto.}$

Rumus penmann didasarkan atas anggapan bahwa suhu udara dan permukaan air rata – rata adalah sama.

#### **2.4.2 Tanah**

Apabila kandungan air tanah dipermukaan berada di bawah ambang batas, maka evaporasi tidak akan ditentukan oleh keadaan iklim, tetapi ditentukan oleh karakteristik tanah itu sendiri, terutama konduktivitas hidrolis dari tanah. Dalam tahap ini evaporasi kumulatif cenderung bertambah sebesar akar dari waktu untuk suatu jenis tanah tertentu.

Setiap jenis tanah mempunyai kandungan air yang berbeda, jadi untuk tanah yang poreous kemampuannya untuk menyimpan air rendah sekali sehingga air yang tersimpan dalam tanah cepat berkurang.

Air yang tersedia di dalam lapisan tanah adalah selisih antara kandungan air pada keadaan kapasitas lapangan dengan kandungan air pada keadaan tanah kering. Secara umum ketersediaan air dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- Tanah dengan heavy texture : 200 mm air/m dalam tanah
- Tanah dengan medium texture : 140 mm air/m dalam tanah
- Tanah dengan texture : 60 mm air/m dalam tanah

Faktor lain yang mempengaruhi besarnya air yang diserap oleh tanaman adalah temperatur tanah dan konsentrasi garam dalam tanah.

#### **2.4.3 Faktor Tanaman**

Masa pertumbuhan tanaman berbeda-beda berdasarkan jenis tanaman. Adapun evapotranspirasi untuk setiap masa pertumbuhan berbeda-beda disebabkan karena perbedaan koefisien pertumbuhan tanaman.

#### **2.5 Kebutuhan Air Tanaman**

Kebutuhan air tanaman dapat di artikan sebagai besarnya (banyaknya) air yang benar benar di gunakan untuk pertumbuhan tanaman

(untuk evaporasi dan transpirasi) agar tanaman dapat tumbuh baik. Dalam hal ini, kebutuhan air tanaman dapat dibagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut.

### 2.9.1 Kebutuhan Air Tanaman Untuk Penggunaan Konsumtif

Seperti dijelaskan sebelumnya, kebutuhan air tanaman merupakan besarnya air yang di butuhkan untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan. Air yang menguap dapat melalui permukaan air bebas di muka bumi (evaporasi), atau melalui daun daun tanaman (transpirasi). Bila kedua proses berjalan bersamaan, maka terjadilah apa yang di sebut evapotranspirasi. Besar kebutuhan air tanaman dinyatakan dalam penggunaan konsumtif (mm/hari), yang besarnya:

$$Cu = k \times ETo \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

K = koefisien tanaman

ETo = Evaporasi potensial

Cu = *Consumptive UseI*, (mm) dapat dinyatakan dengan Etc.

Besar nilai k di pengaruhi jenis, *variaetas*, dan umur pertumbuhan tanaman. Besar ETo dipengaruhi oleh faktor iklim, yaitu: suhu, kelembaban relatif, kecerahan matahari, dan kecepatan angin. Usaha memperkecil kebutuhan air tanaman tidak dapat di lakukan dengan memperkecil nilai ETo (karena berhubungan faktor iklim), namun hanya dapat dilakukan dengan memperkecil nilai k. mengubah faktor k berarti mengubah jenis, *varietas*, atau umur pertumbuhan tanaman.

### 2.9.2 Kebutuhan Air Untuk Pembibitan

Air untuk pembibitan diberikan bersamaan dengan air untuk pengolahan tanah, yaitu antara 20 – 30 hari sebelum penanaman. Kebutuhan airnya 5-7 mm/hari.

### 2.9.3 Kebutuhan Air Untuk Penggantian Lapisan Air

Ada beberapa ketentuan dalam penggantian lapisan air, ketentuan – ketentuan tersebut sebagai berikut.

1. WRL diperlukan pBIL terjadi pemupukan maupun penyiangan yaitu 1-2 bulaun dari *transplanting*,
2. WRL = 50 mm (diperlukan penggantian lapisan air diasumsikan = 50mm), ada pada KP bagian penunjang
3. Jangka waktu WRL = 1,5 bulan (selama 1,5 bulain air di gunakan untuk WRL sebesar 50mm).

Contoh perhitungan WRL dalam periode 10 hari adalah sebagai berikut:  
Diketahui WRL = 50mm selama 1,5 bulan

$$\begin{aligned} \text{Maka dari data tersebut didapat } WRL/10 \text{ hari} &= 50 \text{ mm} : 10 \text{ hari} \\ &= 3,3 \text{ mm}/10 \text{ hari} \\ \text{Dan } WRL/\text{hari} &= 50\text{mm}/40 \text{ hari} \\ &= 1,25 \text{ mm}/\text{hari} \end{aligned}$$

### 2.9.4 Koefisien Tanaman (Kc)

Koefisien Tanaman (Kc) adalah besaran yang menunjukkan kebutuhan tanaman akan air untuk pertumbuhan optimal yang besarnya tergantung kepada tahapan perkembangan tanaman tersebut.

Seperti pada Tabel 2.1 menjelaskan tentang Koefisien Tanaman 15 harian

**Tabel 2.1 Koefisien Tanaman 15 Harian**

Periode 15 hari ke	Padi I	padi II	kacang tanah
1	1.2	1.1	0.5
2	1.2	1.1	0.5
3	1.32	1.1	0.66
4	1.4	1.1	0.85
5	1.35	1.1	0.95
6	1.25	1.05	0.95
7	1.2	0.95	0.55
8	0	0	0.55

(Sumber : Academia.edu, Fhajar Djarouny dan Ilmutekniksipil.com)

## 2.6 Perhitungan Curah Hujan

Pada dasarnya, curah hujan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu curah hujan nyata yang diartikan sebagai sejumlah curah hujan yang nyata yang jatuh di suatu daerah. Dan curah hujan efektif yang diartikan sebagai curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Dalam hal ini yang menjadi sub pokok bahasan adalah curah hujan efektif.

### 2.10.1 Perhitungan Curah Hujan Efektif

Perhitungan curah hujan efektif dengan menggunakan metode PU (Perencanaan Umum), dapat dicari dengan rumus berikut.

- Untuk tanaman padi :  $((0,7 \times Ra)/n) \times$  rasio luas tanaman
- Untuk tanaman palawija :  $((0,5 \times Ra)/n) \times$  rasio luas tanaman

Dimana:

- Ra : curah hujan efektif dengan probabilitas 80%
- N : pembagian pola tata tanam
- Reff : curah hujan efektif.

## 2.7 Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan total air irigasi yang diukur pada pintu pengambilan dalam satu periode adalah hasil kali kebutuhan air di sawah dengan faktor efisiensi dan jumlah hari dalam satu periode penanaman. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$DR = (WR \times A \times T) (Ki \times 1000) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

- DR : kebutuhan air irigasi pada pintu pengambilan ( $m^3$ )
- WR : kebutuhan air di sawah (mm/hari)
  - :  $Cu + P + WRL + Pd - Re$
- A : Luas sawahyang dialiri
- Ki : efisiensi irigasi
- T : periode waktu pemberian air
  - : jumlah hari dalam 1 periode x 24 jam x 3600 detik.

## 2.8 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Kebutuhan Air Irigasi

Air yang diperlukan oleh tanaman dapat diperoleh dari beberapa sumber yaitu curah hujan, kontribusi air tanah dan air irigasi. Sementara kehilangan air dari daerah akar (*root zone*) tanaman adalah berupa evapotranspirasi dan perkolasi.

Apabila jumlah air yang diperoleh dari curah hujan dan kontribusi air tanah tidak mencukupi kebutuhan air yang diperlukan tanaman selama masa pertumbuhannya maka penyediaan air dengan sistem irigasi diperlukan sebagai alternatif penanggulangannya. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya air yang perlu disediakan dengan

sistem irigasi adalah :

1. Curah hujan
2. Kontribusi air tanah
3. Evapotranspirasi
4. Perkolasi

(Sumber : Lukman Marpaung UMA,2016)

### 2.3.1 Curah Hujan

Air yang dibutuhkan oleh tanaman dapat sepenuhnya atau sebagian diperoleh dari curah hujan. Curah hujan untuk setiap periode atau dari tahun ke tahun berubah-ubah, sehingga disarankan untuk menggunakan curah hujan rencana, misalnya dengan probabilitas 75% atau 80%. (Sumber : Lukman Marpaung UMA,2016)

### 2.3.2 Curah Hujan Efektif

Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi tidak seluruhnya bias dimanfaatkan oleh tanaman, karena sebagian akan hilang oleh run off, perkolasi, dan evapulasi. Hujan deras atau curah hujan yang tinggi hanya sebagian saja yang dapat tersimpan di daerah akar tanaman dan efektifitasnya cukup rendah. Curah hujan yang rendah dengan frekuensi yang tinggi yang ditampung langsung oleh daun tanaman mendekati efektifitas 100%.

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang diharapkan akan jatuh pada areal pertanian selama masa tumbuh tanaman dan dapat langsung menambah kebutuhan air selama masa tumbuhnya. Curah hujan efektif ditentukan berdasarkan besarnya R80 yang merupakan curah hujan yang besarnya dapat dilampaui sebanyak 80% atau dengan kata lain dilampauinya 8 kali kejadian dari 10 kali kejadian. Artinya, bahwa besarnya curah hujan yang terjadi lebih kecil dari R80 mempunyai kemungkinan hanya 20%. Untuk menghitung besarnya curah hujan efektif berdasarkan R80 = *Rainfall equal or exceeding in 8 years out of 10 years*, dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$R80 = (n/15) + 1 \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

Reff = R80 = curah hujan efektif 80% (mm/hari)

$(n/15) + 1$  = rangking curah hujan di hitung dari curah hujan terkecil

n = jumlah data

Analisa curah hujan efektif ini dilakukan dengan maksud untuk menghitung kebutuhan air irigasi. Curah hujan efektif atau andalan ialah bagian dari keseluruhan curah hujan yang secara efektif tersedia untuk kebutuhan air tanaman. Untuk irigasi padi curah hujan efektif bulanan diambil 70% dari curah hujan minimum dengan periode ulang rencana tertentu dengan kemungkinan kegagalan 20% (Curah hujan R80). (*Sumber : Lukman Marpaung UMA,2016*).

## 2.9 Debit Air

Debit adalah suatu koefisien yang menyatakan banyaknya air yang mengalir dari suatu sumber persatu-satuan waktu, biasanya diukur dalam satuan liter / detik. Pengukuran debit dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain:

1. Pengukuran debit dengan bending
2. Pengukuran debit berdasarkan kerapatan lautan obat
3. Pengukuran kecepatan aliran dan luas penampang melintang, dalam hal ini untuk mengukur kecepatan arus digunakan pelampung atau pengukur arus dengan kincir

4. Pengukuran dengan menggunakan alat-alat tertentu seperti pengukur arus magnetis, pengukur arus gelombang supersonis.

Untuk memenuhi kebutuhan air pengairan irigasi bagi lahan-lahan pertanian, debit air di daerah bendung harus lebih cukup untuk disalurkan ke saluran-saluran (induk-sekunder-tersier) yang telah disiapkan di lahan-lahan pertanaman. Agar penyaluran air pengairan ke suatu areal lahan pertanaman dapat diatur dengan sebaik-baiknya (dalam arti tidak berlebihan atau agar dapat dimanfaatkan seefisien mungkin, dengan mengingat kepentingan areal lahan pertanaman lainnya) maka dalam pelaksanaannya perlu dilakukan pengukuran-pengukuran debit air. Dengan distribusi yang terkendali, dengan bantuan pengukuran-pengukuran tersebut, maka masalah kebutuhan air pengairan selalu dapat diatasi tanpa menimbulkan gejolak dimasyarakat petani pemakai air pengairan.

### **2.9.1 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. Dalam perencanaan suatu bangunan penyediaan air terlebih dahulu harus dicari debit andalan (dependable discharge), yang tujuannya adalah untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia di sungai (Soemarto, 1987 dalam Zulfikar dkk, 2012). 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 13 dimiliki oleh setiap stasiun pencatat curah hujan pada DAS Sungai yang dimaksud.

#### **❖ Analisis Debit Andalan Metode FJ. Mock**

Perhitungan debit andalan F.J Mock dibagi ke dalam lima perhitungan utama yaitu perhitungan evapotranspirasi aktual, water balance atau keseimbangan air, run off dan air tanah, total volume tersimpan dan aliran permukaan. Kriteria perhitungan dan asumsi diurutkan sebagai berikut;

- a. Data meteorology
  - Data curah hujan bulanan (R) untuk setiap tahun
  - Data jumlah hari hujan bulanan (n) untuk setiap tahun
- b. Parameter yang digunakan dalam perhitungan debit andalan

- $m$  = persentase lahan yang terbuka atau tidak ditumbuhi vegetasi, nilainya dapat ditaksir dengan peta tata guna lahan atau pengamatan di lapangan
- $K$  = koefisien simpan tanah atau faktor resesi aliran tanah (Catchment Area Resession Factor). Nilai  $K$  ditentukan oleh kondisi geologi lapisan bawah. Batasan nilai  $K$  yaitu antara 0 – 1,0. Semakin besar  $K$ , semakin kecil air yang mampu keluar dari tanah
- $V_{n-1}$  = penyimpanan awal (initial storage). Nilai ini berkisar antara 3 mm – 109 mm.

c. Evapotranspirasi

Menurut Mock (1973), rasio antara selisih evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi aktual dengan evapotranspirasi potensial dipengaruhi oleh exposed surface ( $m$ ) dan jumlah hari hujan ( $n$ ), dan dihitung dengan formulasi sebagai berikut.

$$dE/dEp = (m/20) \times (18 - n) \dots\dots\dots(2.8)$$

Sehingga

$$dE = Ep (m/20) \times (18 - n) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dari formulasi di atas dapat dianalisis bahwa evapotranspirasi potensial akan sama dengan evapotranspirasi aktual (atau  $\Delta E = 0$ ) jika evapotranspirasi terjadi pada hutan primer atau hutan sekunder, dimana daerah ini memiliki harga exposed surface ( $m$ ) sama dengan nol (0) atau banyaknya hari hujan dalam bulan yang diamati pada daerah itu sama dengan 18 hari. Jadi evapotranspirasi aktual adalah evapotranspirasi potensial yang memperhitungkan faktor exposed surface dan jumlah hari hujan dalam bulan yang bersangkutan. Sehingga evapotranspirasi aktual adalah evapotranspirasi yang sebenarnya terjadi, dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Ea = Ep - dE \dots\dots\dots(2.10)$$

d. Water Balance

Kapasitas kelembapan tanah (Soil Moisture Capacity) yaitu perkiraan kapasitas kelembapan tanah awal. Nilai ini diperlukan pada saat dimulainya simulasi dan besarnya tergantung dari kondisi porositas lapisan tanah atas dari daerah pengaliran. Biasanya, nilai yang digunakan berkisar 50 – 250 mm, yaitu kapasitas kandungan air tanah dalam per m<sup>3</sup> . Jika porositas tanah lapisan atas tersebut makin besar,

maka kapasitas kelembapan akan semakin besar pula (Bappenas 2007 dalam Wirasembada, 2012). Persamaan-persamaan yang digunakan dalam menghitung water balance adalah sebagai berikut.

$$W_s = R - E_a \dots \dots \dots (2.11)$$

## 2.10 Perkolasi

Perkolasi adalah proses mengalirnya air ke bawah secara gravitasi dari suatu lapisan tanah ke lapisan di bawahnya, sehingga mencapai permukaan air tanah pada lapisan jenuh air. Tes perkolasi ini bertujuan untuk menentukan besarnya luas medan peresapan yang diperlukan untuk suatu jenis tanah dari tempat percobaan. Semakin besar daya resap tanah, maka semakin kecil luas daerah peresapan yang diperlukan untuk sejumlah air tertentu. Mengingat setiap daerah memiliki jenis tanah yang berbeda maka daya resap tanahnya juga akan berbeda pula.

Laju perkolasi sangat tergantung kepada sifat-sifat tanah. Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1 - 3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan, lalu perkolasi bisa lebih tinggi. Dari hasil-hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan kelulusan, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus diperhitungkan. Perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah (KP-01, 2017)

## 2.11 Penggantian lapisan air

Penggantian lapisan air dilakukan setelah pemupukan. Penggantian lapisan air dilakukan menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama 1/2 bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi. (KP-01, 2017)

## 2.12 Pola Tanam

Pola tanam adalah usaha penanaman pada sebidang lahan dengan mengatur susunan tata letak dan urutan tanaman selama periode waktu tertentu termasuk masa pengolahan tanah dan masa tidak ditanami selama periode tertentu. Pola tanam ada tiga macam, yaitu: monokultur, rotasi tanaman dan polikultur (Anwar, 2012). Untuk memenuhi kebutuhan air bagi

tanaman, penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan. Tabel dibawah ini merupakan contoh pola tanam yang dapat dipakai.

Tabel 2.2 Pola Tanam

No	Ketersediaan Air Untuk Irigasi	Pola Tanam dalam satu tahun
1	Tersedia air cukup banyak	Padi - Padi – Palawija
2	Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi - Padi - Bera - Padi - Palawija - Palawija
3	Daerah cenderung kekukurangan air	Padi - Padi - Bera - Padi - Palawija Bera

(Sumber : *Irigasi dan Bangunan air (ISBN) 977 – 8382 – 463*)