

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Irigasi

Menurut Undang-undang No.7 Tahun 2004 Pasal 41 ayat 1 yang berkaitan dengan sumber daya air, irigasi adalah bentuk usaha penyediaan, pengaturan, dan pengeluaran air untuk menunjang pertanian, termasuk irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi tanah, irigasi dengan pompa dan irigasi tambak.

Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air tanah, irigasi pompa dan irigasi tambak (PP No. 20 tahun 2006 tentang Irigasi).

Irigasi didefinisikan sebagai pengaturan pembagian pengaliran air menurut sistem tertentu untuk sawah dan sebagiannya. Maka, irigasi merupakan pembagian pengaliran aliran air yang menggunakan satu sistem tertentu dengan tujuan untuk mengairi sawah dan kepentingan lainnya, seperti perkebunan, peternakan, dan perikanan. (Priyanto E, Ervadius B, Rahmawati S, 2019)

2.1.1 Jenis-jenis Saluran Irigasi dan Fungsinya

Menurut DPUPKP Kulon Progo, berikut macam-macam saluran irigasi yang banyak ditemui di Indonesia yang berfungsi untuk mengalirkan air ke lahan pertanian.

- 1. Saluran Primer**

Saluran primer merupakan jenis saluran yang berfungsi mengalirkan air dari jaringan utama ke saluran sekunder dan ke Petak-petak tersier yang teraliri.

- 2. Saluran Sekunder**

Saluran Sekunder merupakan saluran yang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran primer ke petak-petak tersier yang berakhir di bangunan sadap terakhir.

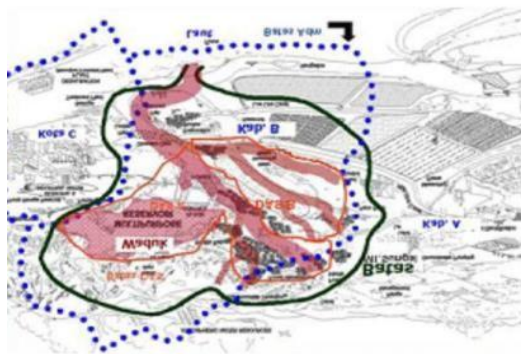
- 3. Saluran Tersier**

Saluran tersier merupakan jenis saluran yang berfungsi untuk mengalirkan air menuju saluran kuarter.

2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai adalah suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, dimana semua air hujan yang jatuh ke daerah ini akan mengalir melalui sungai dan anak sungai yang bersangkutan. Definisi lain yaitu suatu daerah yang dibentuk dan sifat alamnya sedemikian rupa, sehingga satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang melalui daerah tersebut dengan fungsinya untuk menampung air yang berasal dari air hujan dan sumber lainnya yang penyimpanannya dan pengalirannya ditata berdasarkan hukum alam sekelilingnya demi keseimbangan daerah tersebut; daerah sekitar sungai meliputi punggung bukit dan gunung merupakan tempat sumber air dan semua curahan air hujan yang mengalir ke sungai, sampai daerah dataran dan muara sungai.

Menurut UU Sumber Daya Air adalah suatu wilayah dataran yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, dengan batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruhi aktivitas daratan. (Hartini, 2017).

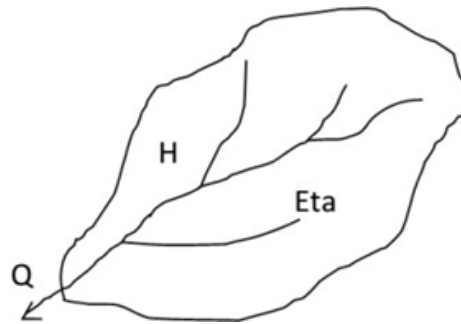


Gambar 2.1 Ilustrasi Batas Daerah Aliran Sungai

(Sumber : Hartini 2017)

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa pada hakekatnya air tidak dibatasi oleh batas administrasi namun oleh batas aliran sungainya (DAS) atau catchment area. Menurut Mentang dkk (2017) Penetapan batas-batas DAS diperlukan untuk menentukan batas-batas DAS yang akan dianalisis. Penetapan ini dilakukan dari peta topografi di mana nantinya akan ditetapkan titik-titik tertinggi di sekeliling

sungai yang dimaksudkan dan masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan lainnya sehingga membentuk suatu garis utuh yang bertemu titik pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS di titik kontrol tertentu. (Yuliani, 2020).



Gambar 2.2 Model DAS

(Sumber : Tri Yuliani 2020)

Model neraca DAS secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut. Untuk selang waktu tertentu umpamanya 1 tahun, Dari Gambar 2.2 dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$H = Q + Eta \pm \Delta S \quad (2.1)$$

Dimana :

H = Tebal Hujan

Eta = Evapotranspirasi aktual

Q = Tebal aliran (keluaran)

ΔS = Perubahan keseluruhan volume waduk air baik yang di permukaan maupun yang di dalam tanah di seluruh DPS

2.3 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu, dimana keadaan air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Hujan yang jatuh sebagai tertahan oleh tumbuhan dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap sampai ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (*surface run off*). Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir dalam tanah (*perkolasi*) yang kemudian keluar sebagian mata air atau mengalir ke sungai dan akhirnya ke laut, siklus ini berlangsung terus menerus. (Mopangga, 2019).

Menurut Syarifudin, (2017) siklus air yang tidak pernah berhenti tersebut melalui 4 tahap (Tri Yuliani, 2020), yaitu :

2.3.1 Presipitasi

Presipitasi pada pembentukan hujan, salju dan hujan batu (hail) yang berasal dari kumpulan awan. Awan-awan bergerak mengelilingi dunia, yang diatur oleh arus udara. Sebagai contoh, ketika awan bergerak menuju pegunungan, maka awan tersebut menjadi dingin, kemudian segera menjadi jenuh air yang kemudian air tersebut jatuh ke bumi.

2.3.2 Kondensasi (pengembunan)

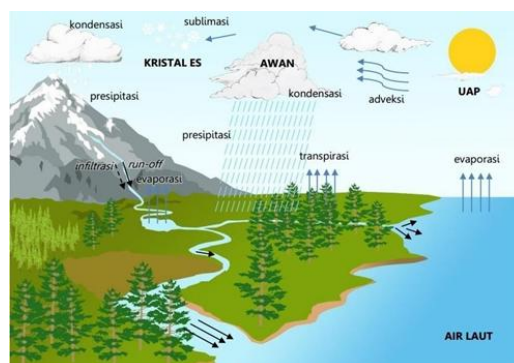
Uap air yang mengembang, mendingin, kemudian berkondensasi, biasanya ada pada partikel-partikel debu kecil di udara. Ketika kondensasi terjadi, dapat berubah menjadi cair kembali kemudian langsung berubah menjadi pada (es, salju, hujan batu (*hail*)). Partikel air ini kemudian berkumpul membentuk awan.

2.3.3 Evaporasi

(penguapan) Ketika air dipanaskan oleh sinar matahari, permukaan molekul air memiliki cukup energi untuk melepaskan ikatan molekul air tersebut, kemudian terlepas dari mengembang sebagai uap air yang tidak terlibat di atmosfer.

2.3.4 Perkolasi

Beberapa presipitasi dan salju cair yang bergerak ke lapisan bawah tanah, mengalir secara infiltrasi atau perkolasi melalui celah atau pori tanah dan batuan sehingga mencapai muka air tanah (water tabel) yang kemudian menjadi air bawah tanah.



Gambar 2.3 Siklus Hidrologi

(Sumber : Google Image)

Siklus hidrologi terjadi karena adanya penyinaran matahari yang mengakibatkan air di permukaan bumi menguap (evaporasi) kemudian jatuh lagi ke permukaan laut dan daratan sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, kabut dan hujan es. Setelah mencapai daratan hujan akan tertahan dengan tumbuhan dan kemudian jatuh ke permukaan tanah. Kemudian sebagai air akan bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah bebatuan (*infiltrasi*) dan sebagian akan mengalir dari atas permukaan tanah (aliran permukaan (*surface run off*)). Air di permukaan yang mengalir maupun tergenang (danau, waduk dan rawa) dan sebagian air di bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai kemudian mengalir ke laut. Proses ini akan terus-menerus terjadi yang dinamakan siklus hidrologi (Kapantow et al., 2017).

2.4 Iklim dan Meteorologi

Beberapa unsur iklim dan meteorologi yang berhubungan dengan hidrologi (Limanta, 2018 : 12-14).

2.4.1 Suhu

Suhu udara merupakan suhu yang diukur menggunakan termometer dalam sangkar meteorologi (1,20-1,50 m di atas permukaan tanah). Makin tinggi elevasi di atas permukaan laut, maka suhu udara semakin rendah. Peristiwa ini disebut sebagai pengurangan suhu bertahap. Kebesaran ini tidak tergantung pada jarak lintang utara/selatan : dalam musim dingin 0,35°C per 100m, dalam musim panas 0,65-0,80°C per m dan rata-rata 0,57°C per 100m. Selisih antara suhu maksimum dan minimum pada variasi suhu udara harian disebut selisih harian sedangkan untuk selisih maksimum dan minimum tahunan disebut selisih tahunan.

2.4.2 Kelembapan Udara

Kelembapan relatif (RH) merupakan perbandingan antara tekanan uap air dengan tekanan uap jenuh. Alat pengukur kelembapan udara adalah psichometer. Kelembapan udara relatif mempunyai nilai minimum pada musim panas sebaliknya mempunyai nilai maksimum pada musim dingin.

$$LR = \frac{e}{E} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

LR = Kelembapan relatif

e = Kandungan uap air aktual di udara

E = Kemampuan maksimal udara dalam mengandung uap air

2.4.3 Sinar Matahari

Sinar matahari adalah faktor utama yang membentuk iklim bumi. Energi matahari memanaskan atmosfer dan permukaan bumi, menciptakan angin, hujan, dan siklus hidrologi yang esensial bagi keseimbangan ekosistem. Selain itu, matahari juga mempengaruhi pembentukan awan dan pola curah hujan, serta berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan.

2.4.4 Angin

Arah angin dinyatakan dalam derajat $1/10^\circ$ dan umumnya ditentukan menggunakan 16 titik kompas yang diletakan di permukaan. Pengukuran kecepatan angin umumnya dilakukan di atas 2,00 m di atas tanah. Kecepatan angin rata-rata di Indonesia berkisar antara 0,5 m/dtk – 4,5 m/dtk atau 2 km/jam – 15 km/jam.

2.5 Analisis Hidrologi

2.5.1 Curah Hujan Rerata Kawasan

Menghitung curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan. Menghitung curah hujan wilayah diperlukan data curah hujan dari stasiun yang ditinjau dan koordinat stasiun curah hujan. Metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rerata kawasan ada tiga metode, yaitu metode rata-rata aljabar, metode poligon Thiessen dan metode Isohyet (Suripin, 2003).

a. Metode Rata-rata Aljabar

Metode aljabar merupakan metode yang paling sederhana. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan di kawasan tersebut sifatnya sama rata. Pengukuran dilakukan dengan menjumlahkan setiap stasiun hujan yang sama kemudian dibagi dengan jumlah seluruh stasiun hujan. Hujan Rata-rata aljabar diperoleh persamaan :

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (2.3)$$

Dengan :

P = Curah hujan rerata kawasan

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ = Curah hujan setiap stasiun

n = Jumlah stasiun curah hujan

b. Metode Poligon Thiessen

Metode ini juga dikenal sebagai metode rata-rata timbang. Cara ini diperoleh dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun. Perhitungan dengan metode poligon thiessen diperoleh dengan menjumlahkan pada setiap masing-masing stasiun yang mempunyai daerah dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun curah hujan.

Metode poligon thiessen diperoleh dengan persamaan :

$$P = \frac{A1.P1+A2.P2+A3.P3+\dots+An.Pn}{A1+A2+A3+\dots+An} \quad (2.4)$$

Dengan :

P = Hujan rerata kawasan

P1, P2, P3,...Pn = Curah hujan di stasiun 1,2,...,n

A1, A2,A3...An = Luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,...,n

c. Metode Isohyet

Metode isohyet merupakan metode yang paling teliti untuk menentukan curah hujan rata-rata, namun diperlukan ketelitian dalam pengerjaannya. Isohyet merupakan garis yang menghubungkan antara titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode ini dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohyet adalah merata dan sama nilainya dengan garis kedua garis tersebut. Secara matematis hujan rerata tersebut dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{A1\frac{l1+l2}{2}+A2\frac{l2+l3}{2}+A3\frac{l3+l4}{2}+An\frac{ln+ln+1}{2}}{A1+A2+A3+..+An} \quad (2.5)$$

Dengan :

P = Hujan rerata kawasan

L1.l2.l3...ln = Garis isohyet ke 1,2,3,...,n+1

A1,A2,A3...An = Luas daerah yang dibatasi garis isohyet

2.5.2 Distribusi Frekuensi

Menurut Sri Harto (1993), analisis frekuensi merupakan suatu analisis data hidrologi menggunakan statistika yang bertujuan untuk memprediksi suatu besaran atau debit dengan masa ulang tertentu. Menurut Triatmojo (dalam Farhan, 2023), beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yaitu :

1. Rata-Rata

Nilai rata-rata merupakan jumlah nilai varian dibagi dengan jumlah data

$$\bar{X} \frac{1}{n} \sum x_i \quad (2.6)$$

Dimana :

$\bar{X}$ = Nilai Rata-rata

n = Jumlah Data

X_i = Nilai Varian

2. Deviasi Standar

Deviasi standar dihitung sebagai nilai kuadrat dari deviasi standar. Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai standar deviasi akan besar, namun apabila penyebaran data kecil terhadap nilai rata-rata maka standar deviasi akan kecil.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2} \quad (2.7)$$

Dimana:

S = Deviasi standar

n = Jumlah data

X_i = Nilai varian

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

3. Koefisien kemencengan (skewness)

Koefisien kemencengan (skewness) merupakan nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari bentuk distribusi.

Distribusi Normal dan distribusi Gumber menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.8)$$

Untuk distribusi Log normal dan distribusi Log Person III menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.9)$$

Dimana :

Cs = Koefisien kemencengan

S = Deviasi Standar

n = Jumlah data

X_i = Nilai varian

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

4. Koefisien Kurtosis

Pengukuran koefisien kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Untuk distribusi normal dan distribusi gumbel menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} \quad (2.10)$$

Untuk distribusi Log Normal dan distribusi Log Person III menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^4}{S^4} \quad (2.11)$$

Dimana:

Ck = Standar kurtosis

S = Deviasi standar

N = Jumlah data

X_i = Nilai varian

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

5. Koefisien Variasi

Koefisien variasi merupakan nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}} \quad (2.12)$$

Dimana:

Cv = Koefisien Variasi

S = Deviasi standar

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

2.5.2.1 Distribusi Normal

Di distribusi normal adalah simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang disebut juga distribusi gauss.

Rumus yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (2.13)$$

Dimana :

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan periode T-tahun

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata sampel

S = Deviasi standar

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Tabel 2. 1 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,99	-2,33
4	1,05	0,95	-1,64
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,25	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	-0,67
8	1,43	0,7	-0,52
9	1,67	0,6	-0,25
10	2	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	0,2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,05	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1000	0,001	3,09

(Sumber : Suripin, 2003)

2.5.2.2 Distribusi Log Normal

Singh (1992) menyatakan jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi log normal, dalam model matematik dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot S \quad (2.14)$$

Dimana :

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

$\bar{Y}$ = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi standar nilai variat

K_T = Faktor frekuensi

2.5.2.3 Distribusi Log Person III

Rumus yang digunakan dalam distribusi log pearson III langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Ubah data ke bentuk logaritmik, $X = \log X$

2. Hitung harga rata-rata :

$$\bar{X} = \frac{q}{n} \log \sum X_i \quad (2.15)$$

3. Hitung Hitung simpangan baku :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log X - \log \bar{X})^2} \quad (2.16)$$

4. Hitung kofisien kemencengan :

$$CS = G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.17)$$

5. Mencari nilai K berdasarkan nilai G

6. Hitung logaritma hujan dengan periode ulang T :

$$\log X_T = \log \bar{X} + K_T \cdot S \quad (2.18)$$

Tabel 2. 2 Nilai K untuk Distribusi Log Pearson III

<i>Interval kejadian (Recurrence interval), tahun (periode ulang)</i>								
	<i>1,0101</i>	<i>1,2500</i>	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>100</i>
Koef-G	<i>Persentase peluang terlampaui (perscent chance of being excreeded)</i>							
	<i>99</i>	<i>80</i>	<i>50</i>	<i>20</i>	<i>10</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>1</i>
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149

1,0	-1,558	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	-0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-2,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber : Suripin 2003)

2.5.2.4 Distribusi Gumbel

Distribusi gambel sering kali digunakan untuk meramalkan suatu peristiwa secara statistik yang bernilai ekstrim, baik untuk debit maupun untuk hujan atau elevasi muka air. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (2.19)$$

Dimana :

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun.

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata sampel

S = Deviasi standar (simpangan baku) sampel

K_T = Faktor frekuensi

Standar deviasi merupakan akar pangkat dari variasi :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2} \quad (2.20)$$

$$K_T = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (2.21)$$

$$X_T = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{sn} \cdot S \quad (2.22)$$

Dimana :

Y_t = Reduce variate sebagai fungsi dari periode ulang T

Y_n = Reduce mean sebagai fungsi dari banyak data (N)

Tabel 2. 3 Reduce Mean (Y_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Sumber : Suripin, 2003)

Tabel 2. 4 Reduce Standar Deviation (Sn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0995	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1591	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber : Suripin, 2003)

Tabel 2. 5 Reduce Variate (Y_{Tr}) sebagai Fungsi Periode Ulang

Periode ulang Tr (tahun)	Reduce Variate Y_{Tr}	Periode ulang Tr (tahun)	Reduce Variate Y_{Tr}
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969

10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber : Suripin, 2003)

Tabel 2. 6 Syarat Distribusi Statistik

Jenis Distribusi	Syarat
Distribusi Normal	Cs = 0 Ck = 3
Distribusi Log Normal	Cs > 0 Ck > 3
Distribusi Log Pearson III	Cs antara 0 - 0,9
Distribusi Gumbel	Cs ≤ 1,139 Ck ≤ 5,402

(Sumber : Suripin, 2003)

2.5.3 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fittest test*) distribusi frekuensi sample data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah (chi-kuadrat dan smirnov-kolmogorov).

2.5.3.1 Uji-Chi Kuadrat

Uji chi kuadrat dimaksudkan untuk menentukan persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan ini menggunakan parameter X^2 .

$$X^2Cr = \sum_{i=0}^n \left[\frac{Ef - of}{Ef} \right]^2 \quad (2.23)$$

Dimana :

X^2Cr = Harga Chi Kuadrat

Ef = Banyaknya frekuensi yang diharapkan

Of = Frekuensi yang terbaca pada kelas

N = Jumlah data

Perhitungan uji chi kuadrat sebagai berikut :

1. Pengurutan data pengamatan dari besar ke kecil
2. Perhitungan jumlah kelas yang ada $(K) = 1 + 3,322 \log n$ (2.24)
 Dalam pembagian kelas disarankan agar setiap kelas terdapat minimal lima buah pengamatan.
3. Perhitungan nilai $Ef = \left[\frac{n}{k} \right]$ (2.25)
4. Perhitungan banyaknya Of untuk masing-masing kelas.
5. Perhitungan nilai X^2Cr untuk setiap kelas kemudian hitung nilai total X^2Cr dari tabel untuk derajat nyata tertentu yang sering diambil sebesar 5% dengan parameter derajat kebebasan.

Rumus derajat kebebasan adalah :

$$DK = K - R (R + 1) \quad (2.26)$$

Dimana :

DK = Derajat kebebasan

K = Kelas

R = Banyaknya keterikatan (biasanya diambil)

R = 2 untuk distribusi normal dan binomial dan R = 1 untuk distribusi *Poisson* dan *Gumbel*)

Tabel 2. 7 Nilai Kritis untuk Uji Distribusi Frekuensi Chi-Kuadrat

dk	a derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,9E-05	0,00016	0,00098	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,897
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,309	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,775	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,712	28,3

13	3,565	4,107	5,009	5,892	23,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,846	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,593	16,791	18,493	43,733	46,979	50,892	53,672

(Sumber : Suripin, 2003)

2.5.3.2 Smirnov-Kolmogorov

Uji coba smirnov-kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan nonparametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1991).

Rumus yang digunakan :

$$D = [(P(X <) - P'(X <))] \quad (2.27)$$

Dimana :

D = Selisih data probabilitas teoritis dan empiris

$P(X <)$ = Posisi data x menurut sebaran teoritis

$P'(X <)$ = Posisi data x menurut sebaran empiris

Tabel 2. 8 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat kepercayaan α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40

20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

(Sumber : Suripin, 2003)

2.5.4 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan kembalinya air ke udara yang disebabkan oleh penguapan yang terjadi di permukaan lahan, yang meliputi permukaan tanah dan tanaman yang tumbuh di permukaan lahan tersebut. Perhitungan evapotranspirasi dilakukan dengan menggunakan metode Penman (modifikasi FAO):

$$ET_o = c[W.R_n + (1 - W).f(u).(e_a - e_d)] \quad (2.28)$$

Dengan :

Eto = Evapotranspirasi (mm/hari)

c = Faktor kecepatan angin dan kelembapan udara

W = Faktor temperatur dan ketinggian

Rn = Faktor radiasi matahari (mm/hari)

F(u) = Fungsi kecepatan angin

ea = Tekanan uap nyata (mbar)

ed = Tekanan uap jenuh (mbar)

2.5.4.1 Debit Andalan

Debit andalan merupakan besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air dengan risiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Probabilitas untuk debit andalan dengan keperluan irigasi biasanya digunakan probabilitas 80%. Dalam perhitungan debit andalan diperlukan debit untuk menghitung sumber air yang didapatkan untuk suatu kebutuhan.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung debit andalan yaitu :

$$P(\%) = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2.29)$$

Dimana :

P = Peluang

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

2.6 Ketersediaan dan Kebutuhan Air

2.6.1 Ketersediaan Air

Ketersediaan air merupakan kuantitas air yang tersedia untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia dan ekosistem, baik dalam bentuk air permukaan maupun air tanah. Ketersediaan air ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti curah hujan, evapotranspirasi, dan kondisi geologi suatu wilayah. Ketersediaan air untuk wilayah yang meliputi curah hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi wilayah tersebut dapat dianalisis dengan metode FJ Mock.

2.6.2 Kebutuhan Air

Kebutuhan air merupakan banyaknya jumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan rumah tangga, industri dan kebutuhan lainnya. Salah satu kebutuhan air yang penting yaitu kebutuhan air untuk irigasi.

Penggunaan air untuk pertanian membutuhkan air tertinggi dibandingkan dengan penggunaan lahan lainnya, sebagai contoh untuk bulan Januari-April merupakan masa awal penanam diperlukan air yang sangat banyak, sedangkan untuk bulan Mei-Desember kebutuhan air berkurang.

Kebutuhan air irigasi diketahui dengan menghitung kebutuhan air tanaman. Hasil perhitungan kemudian digunakan untuk menganalisis faktor keseimbangan air, yaitu dengan membandingkan debit air yang ada di sungai dengan kebutuhan air irigasi. Persamaan untuk menghitung kebutuhan air irigasi yaitu :

Untuk tanaman padi :

$$NFR = Etc + P + WLR + LP - Reff \quad (2.30)$$

Untuk tanaman palawija

$$NFR = Etc - Reff \quad (2.31)$$

Dimana:

NFR = Kebutuhan air di sawah (mm/hari)

Etc = Kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari)

LP = Penyiapan lahan (mm/hari)

Reff = Hujan efektif (mm/hari)

WLR = Pengganti lapisan air rerata (mm/hari)

Berdasarkan kebutuhan air dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Kebutuhan irigasi pada masa taman (IR)

Persamaan untuk menghitung kebutuhan air pada masa tanam yaitu :

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{(e^k - 1)} \quad (2.32)$$

Keterangan :

IR = Kebutuhan air irigasi masa penyiapan lahan (mm/hari)

M = Kehilangan air (mm) $M = E_o + p$

E_o = Evaporasi (mm)

P = Perkolasi (mm)

K = $(M \times T)/S$

T = Lamanya waktu pengolahan tanaman (hari)

S = Kehilangan air sampai tanah jenuh (200-250 mm)

2. Penggunaan Konsumtif

Jumlah air aktual yang digunakan tanaman untuk transpirasi dan evaporasi selama pertumbuhannya.

Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus :

$$Et_c = K_c - ET_o \quad (2.33)$$

Keterangan :

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

ET_o = Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)

K_c = Koefisien tanaman

Tabel 2.9 Koefisien Tanaman Berdasarkan FAO

Bulan	Padi		Palawija		
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Kedelai	Tembakau	Jagung
0,5	1,10	1,10	0,50	0,50	0,50
1	1,10	1,10	0,75	0,50	0,59
1,5	1,10	1,05	1,00	0,80	0,96
2	1,10	1,05	1,00	0,80	1,05
2,5	1,10	0,95	0,82	0,80	1,02
3	0,95	0,00	0,45	0,50	0,95
3,5	0,95				
4	0,00				

(Sumber : Yuliani,2020)

3. Perkolasi dan Infiltrasi

Infiltrasi merupakan proses masuknya air ke dalam tanah, masuknya air melalui permukaan tanah dan secara vertikal. Sedangkan perkolasi merupakan masuknya air dari daerah tidak jenuh ke daerah yang jenuh, pada proses ini air tidak dimanfaatkan oleh tanaman. Untuk perencanaan, tingkat perkolasi standar 2,0 mm/hari, dipakai untuk kebutuhan air pada daerah produksi padi.

4. Penggantian Genanngan Air

Penggantian lapisan air pada proses budidaya tanaman padi dilakukan setelah pemupukan, dilakukan secara 2 kali masing-masing 50 mm selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

5. Efisiensi Irigasi

Tujuan dari efisiensi irigasi adalah untuk menentukan efektifitas sistem irigasi dan pengolahannya dalam memenuhi peminatan penggunaan konsumtif tanaman selama pertumbuhan.

Tabel 2.10 Nilai Efisiensi Irigasi

Lokasi	Efisiensi Irigasi (%)
Jaringan Primer	90
Jaringan Sekunder	90
Jaringan Tersier	80
Total	65

(Sumber : KP. 01, 2013)

6. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif merupakan curah hujan yang jatuh pada suatu daerah atau kawasan yang dapat dipergunakan oleh tanaman atau pertumbuhan tanaman.

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2.34)$$

Keterangan :

P = Peluang terjadinya peristiwa (%)

M = Nomor urut angka pengamatan dalam susunan (dari besar ke kecil)

N = Banyaknya pengamatan

Keseimbangan air (*water balance*) adalah untuk mengetahui surplus atau defisit air, keseimbangan air dihitung dengan selisih = ketersediaan air - kebutuhan air, dimana hasil positif menunjukkan surplus dan hasil negatif menunjukkan defisit.

$$\text{Keseimbangan Air} = \text{Ketersediaan Air} - \text{Kebutuhan Air} \quad (2.35)$$