

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

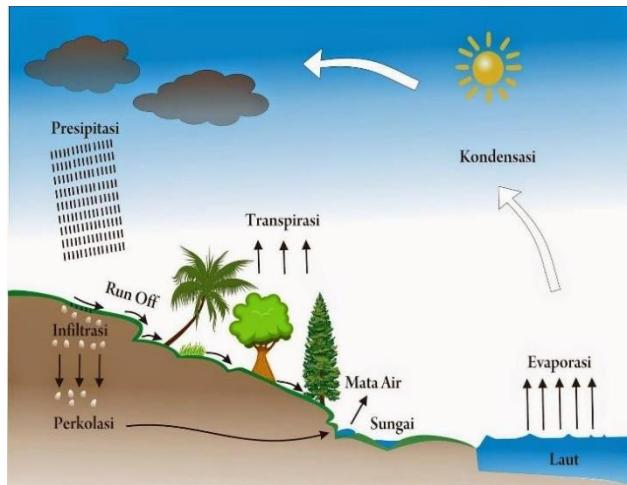
#### **2.1 Daur Hidrologi**

Daur Hidrologi secara ilmiah dapat ditunjukkan seperti terlihat pada gambar yaitu menunjukkan gerakan air diperlukan bumi. Selama berlangsungnya daur hidrologi yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti. Air tersebut akan tertahan sementara di sungai,danau,waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya. Dalam faktor hidrologi, energi panas matahari dan faktor - faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dalam tanah, atau di laut badan air lainnya.

Uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung maupun datar, dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan, sebagian dari uap tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan, sebelum mencapai permukaan tanah air hujan tersebut akan tertahan oleh tajuk vegetasi. Sebagian dari air hujan tersebut akan tersimpan di permukaan daun selama proses pembasahan daun, dan sebagian lainnya akan jatuh ke atas permukaan tanah melalui sela – sela daun (throughfall) atau mengalir ke bawah melalui permukaan batang pohon (stemflow). Sebagian air hujan tidak akan pernah sampai di permukaan tanah, terevaporasi kembali ke atmosfer (dari daun dan batang) selama dan setelah berlangsungnya hujan (interception loss). Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan terserap kedalam tanah dan akan tertampung sementara dalam cekungan permukaan tanah (surfce detention) untuk kemudian mengalir diatas permukaan tanah ketempat yang lebih rendah (runoff), untuk selanjutnya masuk ke sungai.

Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembapan tanah. Apabila tingkat kelembapan air tanah telah cukup jenuh maka air hujan yang baru masuk kedalam tanah akan bergerak secara lateral (horisontal), untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan keluar lagi ke permukaan tanah (subsurface flow) dan akhirnya mengalir ke sungai. Alternatif lainnya, air hujan yang bergerak vertikal ke tanah yang lebih dalam dan menjadi bagian dari air tanah

tersebut, terutama pada musim kemarau, akan mengalir pelan – pelan ke sungai, danau atau tempat penampungan air almiyah lainnya (baseflow).



Gambar 2. 1 Siklus Hidrologi

## 2.2 Neraca Air

Neraca air irigasi merupakan perhitungan ketersediaan air irigasi dan kebutuhan air irigasi. Neraca air irigasi dapat dari dua kondisi yaitu kondisi pada saat musim hujan dan pada saat musim kemarau. Dengan neraca air ini diharapkan dapat diketahui potensi sumber daya air suatu daerah dan tingkat kekritisan airnya. Apabila debit tersedia pada saluran inlet berlimpah, maka luas daerah irigasi akan memenuhi kebutuhan airnya dan apabila debit pada saluran inlet terjadi kekurangan air irigasi maka terdapat tiga pilihan yang harus dipertimbangkan yaitu luas daerah irigasi dikurangi, melakukan perubahan pola tanam, rotasi atau golongan. (Triatmojo,2000) Pemanfaatan neraca air digunakan sebagai pertimbangan kesesuaian suatu lahan pertanian, pengaturan penjadwalan tanam dan juga jadwal panen, serta pengaturan jumlah dan waktu pemberian air irigasinya dapat lebih efisien. Untuk penentuan waktu tanam dapat berdasarkan pada perhitungan neraca air yang dimanfaatkan guna dapat diketahui dampak yang ditimbulkan akibat perubahan iklim suatu wilayah terkhusus jumlah ketersediaan air yang dimilikinya. (Paski,2017)

### 2.2.1 Manfaat Neraca Air

Menurut metode Thornwaite-Matter, manfaat secara umum yang dapat diperoleh dari analisis neraca air antara lain :

1. Digunakan sebagai dasar pembuatan bangunan penyimpanan dan pembagi air serta saluran-salurannya. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan-bulan yang defisit air. Sebagai dasar pembuatan saluran drainase dan teknik pengendali banjir. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air di dapat banyak bulan-bulan yang surplus air.
2. Sebagai dasar pemanfaatan air alam untuk berbagai keperluan pertanian seperti sawah, perkebunan, dan perikanan.

### **2.2.2 Model Neraca Air**

Ada berbagai model neraca air, namun yang biasa dikenal terdiri atas tiga model antara lain :

1. Model Neraca Air Umum

Model ini menggunakan data klimatologis dan bermanfaat untuk mengetahui berlangsungnya bulan-bulan basah (jumlah curah hujan melebihi kehilangan air untuk penguapan dari permukaan tanah atau evaporasi maupun penguapan dari sistem tanaman atau transpirasi, penggabungan keduanya dikenal sebagai evapotranspirasi).

2. Model Neraca Air Lahan

Model ini merupakan penggabungan datab klimatologis dengan data tanah terutama data kadar air pada kapasitas lapang (KL), kadar air tanah pada titik layu permanen (TLP), dan air tersedia (WHC = Water Holding Capacity).

- a. Kapasitas lapang adalah keadaan tanah yang cukup lembab menunjukkan jumlah air terbanyak yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya tarik gravitasi. Air yang dapat ditahan tanah tersebut akan terus-menerus diserap akar tanaman atau menguap sehingga tanah makin lama makin kering.
- b. Titik layu permanen adalah kondisi air tanah dimana akar tanaman tidak mampu lagi menyerap air tanah, sehingga tanaman menjadi layu.
- c. Air tersedia adalah banyaknya air yang tersedia bagi tanaman yaitu selisih antara kapasitas lapang dan titik layu permanen.

3. Model Neraca Air Tanaman

Model ini merupakan penggabungan data klimatologis, data tanah dan data tanaman. Neraca air ini dibuat bertujuan khusus pada jenis tanaman tertentu. Data tanaman yang digunakan adalah data tanaman pada komponen keluaran dari neraca air.

### 2.3 Hujan

Hujan adalah peristiwa dimana air yang berasal dari atmosfer jatuh pada permukaan bumi atau lautan. Pada area beriklim tropis air hujan biasanya muncul dalam bentuk air. Pada cuaca ekstrem, air hujan dapat muncul dalam bentuk butiran es yang kecil-kecil . Pada daerah subtropis serta kutub, hujan dapat berupa air ataupun salju. Curah hujan merupakan banyaknya jumlah air disuatu daerah tertentu. Curah hujan dapat diukur untuk hari hujan atau periode tertentu, seperti harian, bulanan, tahunan. (Sitanala, 1989)

Salah satu elemen cuaca yang penting dalam cuaca saat ini yang diamati oleh pengamat adalah elemen volume. Banyaknya curah hujan yang mencapai permukaan tanah atau permukaan bumi dalam selang waktu tertentu diwakili oleh ketebalan atau ketinggian air hujan. Oleh karena itu, curah hujan biasanya dinyatakan dengan milimeter (mm). (muliantara dkk,2015)

### 2.4 Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu pengetahuan yang secara khusus mempelajari tentang kejadian, perputaran dan pergeseran air di atmosfer dan permukaan bumi serta di bawah permukaan bumi. ( Sosrodarsono, 1999:2)

#### 2.4.1 Curah hujan rata – rata daerah

Secara matematis rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan (Sosrodarsono S., dkk., 1999:27) adalah sebagai berikut :

1. Cara rata – rata aljabar<sup>4</sup>

Penghitungan dengan metode rata-rata aljabar jika titik pengamatan itu banyak dan tersebar merata di seluruh daerah,dan dapat dihitung dengan rumus:

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Dimana :

- R = curah hujan daerah (mm)  
 R<sub>1,R2,,Rn</sub> = curah hujan di tiap titik pengamatan 1,2, dan n (mm)  
 n = jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

## 2. Cara Polygon Thiessen

Perhitungan dengan cara polygon Thiessen jika titik pengamatan dalam daerah tersebut tidak tersebar merata, maka dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan dan dapat dihitung dengan rumus :

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana :

- R = curah hujan rata – rata daerah (mm)  
 R<sub>1,R2,...,Rn</sub> = curah hujan di tiap titik pengamatan 1,2,,, n (mm)  
 A<sub>1,A2,...,An</sub> = jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

## 3. Cara Garis Isohyet

Peta isohyet digambar pada peta topografi dengan perbedaan 10 mm – 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan di dalam dan di sekitar daerah yang dimaksud. Luas bagian daerah antara dua garis isohyet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Metode ini cocok untuk menentukan curah hujan rata-rata apabila daerahnya pegunungan dan berbukit-bukit. Rumus yang digunakan dalam penghitungan adalah :

$$R = \frac{\sum A}{\sum A} \frac{(R_1 + R_2)}{2} + \frac{\sum A}{\sum A} \frac{(R_2 + R_3)}{2} + \dots + \frac{\sum A}{\sum A} \frac{(R_1 + R_{n+1})}{2}$$

Dimana :

- R = curah hujan rata – rata daerah (mm)  
 A<sub>1,A2,...,An</sub> = luas bagian antara garis – garis isohyet  
 R<sub>1,R2,...,Rn</sub> = jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

### 2.4.2 Alat Ukur Curah Hujan

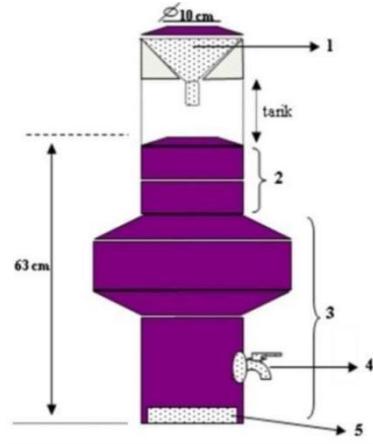
Menurut mekanisme ini, alat pengukur hujan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu pengukur hujan manual dan pengukur hujan otomatis (perekam). (Mufidah, 2018).

## 1. Pengukur Curah Hujan Manual

Ombrometer/Observasi merupakan alat ukur curah hujan yang pengukurannya menggunakan penggaris milimeter dan juga bisa menggunakan Mistar biasa. Pada alat ini curah hujan dapat diukur dalam satuan tahunan, bulanan, dan harian. Curah hujan yang tinggi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, contohnya bentuk medan/topografi, arah angin sejajar garis pantai, arah kemiringan medan, dan jarak tempuh angin pada medan datar. (Cahyono, 2017).



Gambar 2. 2 Pengukur Hujan Ombromerta dan Skemanya



Gambar 2. 3 Pengukur Hujan Tipe Observasi

Keterangan gambar di atas :

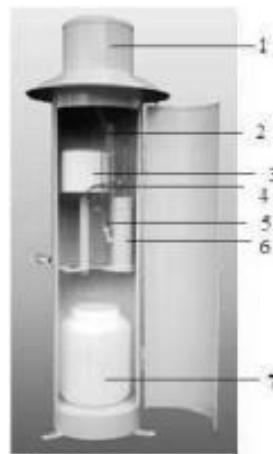
- 1) Corong penampung air hujan yang memiliki luas penampang  $100 \text{ cm}^2$ .
- 2) Leher pengukur hujan berdiameter 13cm dan terbuat dari paralon/seng yang berdiameter 5 mm.

- 3) Tabung untuk menampung air yang dirancang agar dapat menampung 3L air hujan dan terbuat dari paralon/seng.
- 4) Keran yang digunakan sebagai pembuangan air hujan.

Keunggulan dari alat pengukur hujan ini adalah harga alat yang relatif murah dan perawatan alat yang mudah. Namun alat ini memiliki kekurangan dalam resolusi data yang didapat saat hujan. Dengan kata lain, alat pengukur hujan ini hanya mengukur ketinggian air hujan yang diperoleh di dalam tangki. (Kurniawan, 2020).

## 2. Pengukur Curah Hujan Otomatis

Penakar Rain Hellman adalah alat yang digunakan untuk mengukur curah hujan. Instrumen ini digunakan di stasiun pengamatan udara darat. Sekali pun cuaca bagus / cerah, alat ini akan digunakan untuk observasi pada waktu-waktu tertentu dalam sehari. Alat tersebut mencatat curah hujan yang telah dikumpulkan dalam bentuk garis pada posisi vertikal dan mencatatnya dikertas talang. Alat ini membutuhkan pemeliharaan yang cukup sering untuk menghindari keburukan yang cukup sering terjadi pada alat tersebut. Alat pengukur hujan tipe Hellman ini termasuk alat pengukur hujan automatic atau alat pengukur hujan yang mampu merekam secara automatic. Badan utama berbentuk tabung dengan tinggi 115cm, dan berat  $\pm$  14 kg. Biasanya BMKG menggunakan impor dari Jerman (Sunarno, 2010).



Gambar 2. 4 Hellman

Keterangan gambar di atas :

- 1) Luas penampang mulur corong pengukur memiliki garis tengah sepanjang
  - 2) 16 cm dengan luasnya 200cm
  - 3) Pipa air dari mulut menuju kolektor
  - 4) Tabung pias
  - 5) Tabung pembuangan
  - 6) Wadah penadah atau tempat menampung air hujan
  - 7) Saat air hujan turun melalui corong, alat pengukur hujan akan bekerja dan akan dikumpulkan di dalam tabung tempat pelampung berada.

Air hujan yang masuk ke float tube akan menyebabkan float naik atau naik, sehingga pergerakan pulpen mengikuti pergerakan float. Gulungan kertas aslipada roller jam yang dapat diputar dengan pegas. Jika udara di dalam tabung reaksi hampir penuh, pulpen akan mencapai puncak selokan. Setelah udara melewati bagian atas lengkungan selang kaca, air di dalam tabung akan mengalir keluar setinggi ujung tabung di dalam tabung, dan catatan di saluran pembuangan akan menjadi garis lurus vertikal. Tentukan besarnya data curah hujan dengan menghitung garis vertikal pada amplas (Firmansyah, 2013).

## 2.5 Curah Hujan Efektif

Curah Hujan Efektif untuk irigasi tanaman padi dan palawija di ambil 70% dari curah hujan rata-rata tengah bulanan dengan kemungkinan tak terpenuhi 20% atau curah hujan andalan R80. Curah hujan andalan (R80) untuk D.I Desa Klotok dihitung dari 1 bulan rata- rata dari 3 stasiun hujan yang ada disekitarnya, yaitu : Stasiun Rengel, Stasiun Palang, Stasiun Widang. (Perencanaan Jaringan Irigasi, KP-01, 2010), dengan bentuk persamaan:

Dimana :

R80 = Curah hujan dengan kemungkinan terjadi 80 %

N = Jumlah data

## 2.6 Analisis Klimatologi

Menurut Bayong Tjasjono (1999), klimatologi merupakan ilmu yang mempelajari jenis iklim di muka bumi dan faktor penyebabnya. Klimatologi juga dapat diartikan sebagai ilmu yang mencari gambaran dan penjelasan mengapa iklim dan cuaca di berbagai tempat di bumi bisa berbeda, serta bagaimana hubungan antara iklim dengan kehidupan manusia sehari-hari.

### 2.6.1 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah merupakan penguapan yang terjadi dari permukaan yang bertanaman (vegetated surface). Nilai evapotranspirasi ini merupakan penjumlahan dari evaporasi (evaporation) dan transpirasi (transpiration) secara bersama-sama. Evapotranspirasi ( $E_t$ ) dapat diartikan sebagai kehilangan air dari lahan dan permukaan air pada Daerah Aliran Sungai. Dalam menentukan besarnya nilai evapotranspirasi dapat digunakan metode atau rumus empiris seperti : Metode Radiasi, Metode Penman, Metode Blaney-Criddle, Metode Thornthwaite, dan Metode Panci Evaporasi.

Besarnya evapotranspirasi potensial (ET<sub>0</sub>) yang terjadi dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologi/iklim yaitu suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan penyinaran matahari. Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung besaran ET<sub>0</sub> adalah Metode Modifikasi Penman (FAO) yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Sudjarwadi, 1979) .

Penentuan harga evapotranspirasi aktual ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini :

Dimana :

Eto = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

C = Faktor penyesuaian (perubahan siang dan malam)

**W** = Faktor penimbang berdasarkan suhu udara

Rn = Radiasi netto (mm/hari)

$(1-W)$  = Faktor temperatur dan ketinggian

$f(u)$  = Faktor kecepatan angin

$ea$  = Tekanan uap udara (mbar)

$ed$  = Tekanan uap jenuh (mbar)

Tabel 2. 1 Harga – harga ea, w,  $(1 - W)$ , dan  $f(t)$  berdasarkan temperature (t)

<b>Suhu</b> <b>°C</b>	<b>ea</b> <b>mbar</b>	<b>w</b>	<b>(1 - w)</b>	<b>f(t)</b>
		<b>e<sub>1</sub> (0 - 250 m)</b>		
24.0	29.85	0.735	0.265	15.40
24.2	30.21	0.737	0.263	15.45
24.4	30.57	0.739	0.261	15.50
24.6	30.94	0.741	0.259	15.55
24.8	31.31	0.743	0.257	15.60
25.0	31.69	0.745	0.255	15.65
25.2	32.06	0.747	0.253	15.70
25.4	32.45	0.749	0.251	15.75
25.6	32.83	0.751	0.249	15.80
25.8	33.22	0.753	0.247	15.85
26.0	33.62	0.755	0.245	15.90
26.2	34.02	0.757	0.243	15.94
26.4	34.42	0.759	0.241	15.98
26.6	34.83	0.761	0.239	16.02
26.8	33.25	0.763	0.237	16.06
27.0	35.66	0.765	0.235	16.10
27.2	36.09	0.767	0.233	16.14
27.4	36.50	0.769	0.231	16.18
27.6	36.94	0.771	0.229	16.22
27.8	37.37	0.773	0.227	16.26
28.0	37.81	0.775	0.225	16.30
28.2	38.25	0.777	0.223	16.34
28.4	38.70	0.779	0.221	16.38
28.6	39.14	0.781	0.219	16.42
28.8	39.61	0.783	0.217	16.46
29.0	40.06	0.785	0.215	16.50

Tabel 2. 2 Hubungan nilai Rs dengan Ra dan n/N,  $Rs = (0,25 + 0,54 n/N)$

Ra	Percentase kecerahan matahari n/N (%)							
	20	30	40	50	60	70	80	90
12.0	4.3	4.9	5.6	6.2	6.9	7.5	8.2	8.8
12.2	4.4	5.0	5.7	6.3	7.0	7.7	8.3	9.0
12.4	4.4	5.1	5.8	6.4	7.1	7.8	8.5	9.1
12.6	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	7.9	8.6	9.3
12.8	4.6	5.3	6.0	6.7	7.3	8.0	8.7	9.4
13.0	4.7	5.4	6.1	6.8	7.5	8.2	8.9	9.6
13.2	4.7	5.4	6.2	6.9	7.6	8.3	9.0	9.7
13.4	4.8	5.5	6.2	7.0	7.7	8.4	9.1	9.9
13.6	4.9	5.6	6.3	7.1	7.8	8.5	9.3	10.0
13.8	4.9	5.7	6.4	7.2	7.9	8.7	9.4	10.2
14.0	5.0	5.8	6.5	7.3	8.0	8.8	9.5	10.3
14.2	5.1	5.9	6.6	7.4	8.2	8.9	9.7	10.5
14.4	5.2	5.9	6.7	7.5	8.3	9.0	9.8	10.6
14.6	5.2	6.0	6.8	7.6	8.4	9.2	10.0	10.7
14.8	5.3	6.1	6.9	7.7	8.5	9.3	10.1	10.9
15.0	5.4	6.2	7.0	7.8	8.6	9.4	10.2	11.0
15.2	5.4	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.4	11.2
15.4	5.5	6.3	7.2	8.0	8.8	9.7	10.5	11.3
15.6	5.6	6.4	7.3	8.1	9.0	9.8	10.6	11.5
15.8	5.7	6.5	7.4	8.2	9.1	9.9	10.8	11.6
16.0	5.7	6.6	7.5	8.3	9.2	10	10.9	11.8
16.2	5.8	6.7	7.5	8.4	9.3	10.2	11.0	11.9
Min	4.3	4.9	5.6	6.2	6.9	7.5	8.2	8.8
Max	5.8	6.7	7.5	8.4	9.3	10.2	11.0	11.9
Rerata	5.1	5.8	6.6	7.3	8.1	8.9	9.6	10.4

Tabel 2. 3 Besar angka koefisien bulanan (c) untuk rumus penman

Bulan	c	Bulan	c
Januari	1.1	Juli	0.9
Februari	1.1	Agustus	1.0
Maret	1.0	September	1.1
April	0.9	Okttober	1.1
Mei	0.9	November	1.1
Juni	0.9	Desember	1.1

Tabel 2. 4 Hubungan antara (ea) dan (ed) untuk berbagai keadaan (RH) dalam penggunaan rumus penman

ea m.bar	Harga ed = ea * RH						
	55	60	65	70	75	80	85
29.50	16.23	17.70	19.18	20.65	22.13	23.60	25.07
29.75	16.36	17.85	19.34	20.82	22.31	23.80	25.29
30.00	16.50	18.00	19.50	21.00	22.50	24.00	25.50
30.25	16.64	18.15	19.66	21.18	22.69	24.20	25.71
30.50	16.77	18.30	19.82	21.35	22.88	24.40	25.93
30.75	16.91	18.45	19.99	21.52	23.06	24.60	26.14
31.00	17.05	18.60	20.15	21.70	23.25	24.80	26.35
31.25	17.19	18.75	20.31	21.88	23.44	25.00	26.56
31.50	17.32	18.90	20.48	22.05	23.63	25.20	26.77
31.75	17.46	19.05	20.64	22.23	23.81	25.40	26.99
32.00	17.60	19.20	20.80	22.40	24.00	25.60	27.20
32.25	17.74	19.35	20.96	22.57	24.19	25.80	27.41
32.50	17.88	19.50	21.13	22.75	24.38	26.00	24.63
32.75	18.01	19.65	21.29	22.93	24.56	26.20	27.84
33.00	18.15	19.80	21.45	23.10	24.75	26.40	28.05
33.25	18.29	19.95	21.61	23.27	24.94	26.60	28.26
33.50	18.43	20.10	21.44	23.45	25.13	26.80	28.48
33.75	18.56	20.25	21.94	23.63	25.31	27.00	28.69
34.00	18.70	20.40	22.10	23.80	25.50	27.20	28.90
34.25	18.84	20.55	22.25	23.98	25.69	27.40	29.11
34.50	18.98	20.70	22.43	24.15	25.88	27.60	29.32
34.75	19.11	20.85	22.59	24.32	26.06	27.80	29.54
35.00	19.25	21.00	22.75	24.50	26.25	28.00	29.75
35.25	19.39	21.15	22.91	24.68	26.44	28.20	29.96
35.50	19.52	21.30	23.07	24.85	26.63	28.40	30.18
35.75	19.66	21.45	23.24	25.02	26.81	28.60	30.39
36.00	19.80	21.60	23.40	25.20	27.00	28.80	30.60
36.25	19.94	21.75	23.56	25.38	27.19	29.00	30.81
36.50	20.07	21.90	23.73	25.55	27.38	29.20	31.02
36.75	20.21	22.05	23.89	25.73	27.56	29.40	31.24

Tabel 2. 5 Harga f (ed) guna perhitungan rumus penman

ed m.bar	$f(ed) = 0,34 - 0,044 (ed)^{0,5}$			
	,0	,25	,5	,75
15	0.170	0.168	0.167	0.165
16	0.164	0.163	0.161	0.160
17	0.159	0.157	0.156	0.155
18	0.153	0.152	0.151	0.149
19	0.148	0.147	0.146	0.144
20	0.143	0.142	0.141	0.140
21	0.138	0.137	0.136	0.135
22	0.134	0.132	0.131	0.130
23	0.129	0.128	0.127	0.126
24	0.124	0.123	0.122	0.121
25	0.120	0.119	0.118	0.117
26	0.116	0.115	0.113	0.112
27	0.111	0.110	0.109	0.108
28	0.107	0.106	0.105	0.104
29	0.103	0.102	0.101	0.100
30	0.099	0.098	0.097	0.096
31	0.095	0.094	0.093	0.092
32	0.091	0.090	0.089	0.088
33	0.087	0.086	0.085	0.084
34	0.083	0.082	0.082	0.081
35	0.080	0.079	0.078	0.077
36	0.076	0.075	0.074	0.073

Tabel 2. 6 Harga f (n/N) guna perhitungan rumus penman

n/N (%)	$f(n/N) = 0,1 + 0,9 n/N$				
	,0	,2	,4	,6	,8
30	0.370	0.388	0.406	0.424	0.442
40	0.460	0.478	0.496	0.514	0.532
50	0.550	0.568	0.586	0.604	0.622
60	0.640	0.658	0.676	0.694	0.712
70	0.730	0.748	0.766	0.784	0.802
80	0.820	0.838	0.856	0.874	0.892

Tabel 2. 7 Harga f (u) guna perhitungan rumus penman

u (m/dt)	$f(u) = 0,27 (1 + u \times 0,864)$				
	,0	,2	,4	,6	,8
0	0.270	0.317	0.363	0.410	0.457
1	0.503	0.550	0.597	0.643	0.690
2	0.737	0.783	0.830	0.877	0.923
3	0.970	1.016	1.063	1.110	1.156
4	1.203	1.250	1.296	1.343	1.390

Tabel 2. 8 Angka angot (Ra) mm/hari

Bulan	Lintang Utara				Lintang Selatan				10
	5	4	2	0	2	4	6	8	
Januari	13.0	14.3	14.7	15.0	15.3	15.5	15.8	16.1	16.1
Pebruari	14.0	15.0	15.3	15.5	15.7	15.8	16.0	16.1	16.0
Maret	15.0	15.5	15.6	15.7	15.7	15.6	15.6	15.5	15.3
April	15.1	15.5	15.3	15.3	15.1	14.9	14.7	14.4	14.0
Mei	15.3	14.9	14.6	14.4	14.1	13.8	13.4	13.1	12.6
Juni	15.0	14.4	14.2	13.9	13.5	13.2	12.8	12.4	12.6
Julii	15.1	14.6	14.3	14.1	13.7	13.4	13.1	12.7	11.8
Agustus	15.3	15.1	14.9	14.8	14.5	14.3	14.0	13.7	12.2
September	15.1	15.3	15.3	15.3	15.2	15.1	15.0	14.9	13.3
Oktober	15.7	15.1	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	14.6
Nopember	14.8	14.5	14.8	15.1	15.3	15.5	15.8	16.0	15.6
Desember	14.6	14.1	14.4	14.8	15.1	15.4	15.7	16.0	16.0

## 2.7 Analisis Ketersediaan Air (Metode F.J. Mock)

Pada tahun (1973), Dr. F.J. Mock memperkenalkan metode perhitungan aliran sungai dengan menggunakan data curah hujan, evapotranspirasi potensial, dan karakteristik hidrologi Irigasi untuk memprediksi besar debit sungai dengan interval waktu bulanan. Cara ini dikenal dengan nama Model Dr. Mock. Prinsip metode Dr. F.J. Mock adalah

### 2.7.1 Basic Month (Bulan Irigasi Perencanaan)

Analisis debit andalan menggunakan metode bulan irigasi perencanaan hampir sama dengan metode flow characteristic yang dianalisis untuk bulan-bulan tertentu. Metode ini paling sering dipakai karena keandalan debit dihitung mulai Januari sampai dengan Desember. Jadi, lebih bisa menggambarkan keandalan pada musim kemarau dan musim penghujan. Dalam studi ini perhitungan debit andalan dilakukan dengan metode basic month. Peluang kejadiannya dihitung dengan rumus probabilitas dari persamaan weilbull. Tahun irigasi yang diaplikasi dalam studi ini

adalah tahun yang data debitnya mempunyai keandalan 97 debit air musim kering, 75 debit air rendah, 50 debit air normal dan 26 debit air cukup Fr =

### **2.7.2 Basic Year (Tahun Perencanaan)**

Analisis debit andalan menggunakan metode tahun perencanaan biasanya digunakan dalam perencanaan atau pengolahan irigasi. Umumnya di bidang irigasi dipakai debit dengan keandalan 80, sehingga dengan rumus untuk menentukan tahun irigasi ar perencanaan adalah sebagai berikut.

### 2.7.3 Flow Carasteristik

Metode flow characteristic berhubungan dengan basis tahun normal, tahun kering dan tahun basah. Yang dimaksud debit berbasis tahun normal adalah jika debit rata-rata tahunnya kurang lebih sama dengan debit rata-rata keseluruhan tahun  $Q_{rt} \approx Q_t$ . Untuk debit berbasis tahun kering adalah jika debit rata-rata tahunnya lebih kecil dari debit rata-rata keseluruhan tahun  $Q_{rt} < Q_r$ . Sedangkan untuk debit berbasis tahun basah adalah jika debit rata-rata tahunannya lebih kecil dari debit rata-rata keseluruhan tahun  $Q_{rt} > Q_r$ .  $Q_{rt}$  adalah debit rata-rata tahunan sedangkan  $Q_r$  adalah debit rata-rata semua tahun.

## 2.8 Analisis Curah hujan Metode Poligon Thiesen

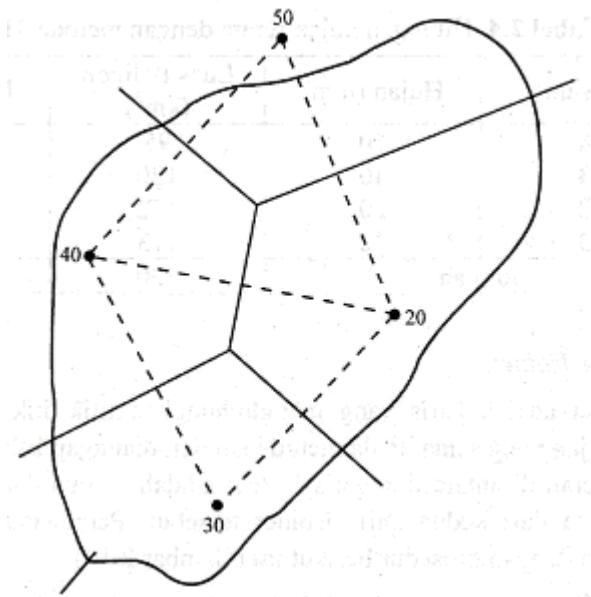
Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitar. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili stasiun tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun (Triatmodjo, 2013). Secara matematis hujan rerata tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

Dimana :

$R$  = curah hujan rata – rata daerah (mm)

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = curah hujan di tiap titik pengamatan 1,2,„„, n (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan



Gambar 2. 5 Poligon Thiesen

## 2.9 Irigasi

Irigasi adalah usaha untuk memperoleh air yang menggunakan bangunan untuk keperluan penunjang produksi pertanian. Irigasi didefinisikan secara teknis menyalurkan air melalui saluran-saluran pembawa ke tanah pertanian dan setelah air tersebut diambil manfaat sebesar-besarnya menyalurkan ke saluran-saluran pembuangan terus ke sungai. Air untuk menyediakan kelembapan tanah yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman bisa didapatkan dari lima sumber yaitu presipitasi, air atmosfer, selain presipitasi, air banjir, air tanah, dan irigasi. Dimana salah satu pound tidak boleh diabaikan apabila kita memperkirakan kebutuhan air irigasi .(Hansen dkk,1992).

Beberapa ahli juga berpendapat mengenai irigasi. Yaitu (Sosrodarsono dan Takeda, 2003) menyatakan bahwa irigasi adalah menyalurkan air yang perlu untuk pertumbuhan tanaman ke tanah yang diolah dan mendistribusinya secara

sistematis. Adapun yang berpendapat, irigasi adalah suatu usaha untuk pemanfaatan air yang tersedia di sungai atau sumber lainnya dengan jalan menggunakan jaringan irigasi sebagai prasarana pengairan dan pembagi air tersebut pemenuhan kebutuhan air pertanian (Partowiyoto 1977 dan Prihandono, 2005). Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak (PP No.20 tahun 2006 tentang irigasi)

Menurut (Fajriah 2015) irigasi merupakan gambaran pemberian air ke tanaman pada sebidang lahan secara buatan agar kebutuhan air tanaman dapat dipenuhi. oleh karena itu irigasi ini bertujuan untuk mengalirkan air yang teratur ke tanaman sehingga terhindar dari adanya kekurangan air pada saat pertumbuhan tanaman berlangsung dapat secara normal. Efisiensi pemberian air irigasi dipengaruhi oleh pelaksanaan serta tatacara pengaplikasian, serta ketersediaannya kebutuhan air yang cukup nantinya akan dialirkan ke tanaman.

Dalam memenuhi kebutuhan air untuk berbagai keperluan usaha tani, maka air irigasi harus diberikan dalam jumlah, waktu, dan mutu yang tepat, jika tidak maka tanaman akan terganggu pertumbuhannya yang pada gilirannya akan mempengaruhi produksi pertanian (Heryani et al., 2020).

Menurut pandolawati (2018) pemberian air irigasi ke petak sawah dapat dilakukan dengan 5 (lima) cara yaitu :

1. Penggenangan pada lahan (flooding)
2. Menggunakan alur besar dan juga kecil
3. Menggunakan air dibawah permukaan tanah melalui sub irigasi guna menaikkan permukaan air tanah
4. Penyiraman pada tanaman (sprinkling)
5. Sistem cucuran (trickle)

Sistem irigasi meliputi prasarana irigasi, air irigasi, manajemen irigasi, kelembagaan pengelolaan irigasi, dan sumber daya manusia. Teori tentang manajemen irigasi dapat dibahas dari sudut pandang sebuah sistem karena mempunyai unsur-unsur yang saling kait-mengkait untuk mencapai satu tujuan

manajemen. Sebagai suatu sistem pengaliran maka peraturan Menteri PUPR No.30/PRT/M/2015 tentang pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi menganggap sistem irigasi terdiri atas 5 (lima) pilar irigasi yaitu :

1. Ketersediaan air
2. Infrastruktur
3. Pengelolaan irigasi
4. Institusi irigasi
5. Manusia pelaku

Kelima unsur tersebut harus saling bersesuaian, berhubungan dan saling terkait sehingga dapat dikatakan bahwa irigasi merupakan suatu sistem. Masing-masing unsur tersebut disebut sebagai sub sistem.

Pada prinsipnya irigasi adalah upaya manusia untuk mengambil air dari sumber air, mengalirkannya ke dalam saluran, membagikannya ke petak sawah, memberikan air pada tanaman dan membuang kelebihan air ke jaringan pembuangan.

Pemberian air irigasi tersebut harus sesuai dengan kebutuhan berdasarkan hal-hal sebagai berikut :

- 1) Tempat : Setiap daerah irigasi mempunyai karakteristik kebutuhan air yang berbeda tergantung dari jenis tanah dan iklim (evapotranspirasi dan curah hujan efektif), serta kehilangan air di saluran.
- 2) Jumlah : Setiap daerah irigasi memiliki luas dan usaha tani yang berbeda.
- 3) Waktu : Setiap fase tanaman pertumbuhan (fase pengolahan tanah, pertumbuhan dan panen) mempunyai kebutuhan air yang berbeda.
- 4) Mutu : Air irigasi harus memenuhi standar mutu irigasi (contoh: salinitas yang sangat rendah),

Arif dan subekti (2013) menyelesaikan 5 pilar irigasi dengan landasan hukum dan pembiayaan, sehingga lima pilar menjadi 5 pilar dan pilar 1. Agar dapat bekerja pada sebuah sistem maka sistem itu harus berkesusaian dengan lingkungannya baik lingkungan strategis maupun lingkungan ekologisnya.

Sistem irigasi dibangun dan dikelola oleh manusia untuk tujuan kesejahteraan manusia, sehingga manusia merupakan unsur utama dalam pembangunan dan pemeliharaan irigasi. Secara fisik sistem irigasi dinyatakan dua pengertian, yaitu jaringan irigasi dan daerah irigasi. Secara fungsional

jaringan irigasi dibedakan menjadi 4 (empat) komponen utama, yaitu bangunan, saluran pembawa, saluran pembuangan dan petak yang diairi

### **2.9.1 Fungsi Dan Manfaat Irigasi**

Berikut ini adalah fungsi dan manfaat irigasi sebagai berikut :

1. Air yang tersedia dapat dipergunakan atau dimanfaatkan secara efektif dan efisien.
2. Air yang tersedia dibagi secara adil dan merata.
3. Air yang diberikan ke petak-petak tersier secara tepat cara, waktu dan jumlah, sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman.
4. Akibat negatif yang mungkin ditimbulkan oleh air berlebihan dapat dihindari. Irigasi juga bermanfaat bagi pertanian seperti :
  - a. Melancarkan aliran air ke lahan persawahan
  - b. Menyuburkan/meningkatkan kesuburan tanah
  - c. Sebagai tempat budidaya tumbuhan.
  - d. Pengatur suhu dalam tanah.

### **2.9.2 Jenis-Jenis irigasi**

Berdasarkan kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat (PUPR) direktorat jenderal sumber daya air direktorat bina operasi dan pemeliharaan, jenis irigasi di Indonesia meliputi :

1. Irigasi permukaan

Irigasi permukaan adalah sistem irigasi dimana air digenangkan pada tanaman dan dialirkan lewat permukaan tanah, misalnya sistem irigasi pada sawah.



Gambar 2. 6 Bangunan Utama



Gambar 2. 7 Irigasi permukaan

## 2. Irigasi air tanah

Irigasi air tanah adalah sistem irigasi dimana sumber airnya dari bawah tanah dan dialirkan jaringan irigasi permukaan atau perpipaan dengan menggunakan pompa.



Gambar 2. 8 Irigasi air tanah

## 3. Jaringan irigasi pompa

Jaringan irigasi pompa adalah sistem irigasi permukaan yang pengambilan airnya di sungai atau sumber lainnya dengan menggunakan pompa air.



Gambar 2. 9 Irigasi pompa

4. Jaringan irigasi rawa

Jaringan irigasi rawa adalah sistem irigasi permukaan yang pengambilan airnya dari rawa.



Gambar 2. 10 Irigasi Rawa Pasang Surut

5. Jaringan irigasi tambak

Jaringan irigasi tambak adalah sistem irigasi untuk keperluan budidaya tambak ikan.



Gambar 2. 11 Irigasi Tambak

## 2.10 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi didefinisikan volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan penguapan, kehilangan air, kebutuhan air tanaman, dengan memperhitungkan jumlah air yang disalurkan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Sosrodarsono dan Takeda,2003). Mawardi Eman (2007) berpendapat,kebutuhan air sawah untuk padi ditentukan oleh faktor-faktor berikut :

- a. Penyiapan lahan
  - b. Penggunaan konsumtif
  - c. Perkolasi dan rembesan
  - d. Pergantian lapisan air
  - e. Curah hujan efektif

Kebutuhan air irigasi dihitung berdasarkan evapotranspirasi acuan (ETO) dan dikombinasikan dengan pola tanam dan jadwal tanam, sehingga akan diketahui jumlah kebutuhan airnya (Hasibuan,2010).Untuk mencari persamaannya evapotranspirasi potensial adalah :

## Keterangan:

Eto = ET Potensial atau ET tanaman referensi (acuan)

C = Faktor penyusain, tergantung kelembapan dan kecepatan angin w  
 Faktor pembobot berdasarkan suhu udara

Rn = Radiasinya netto yang nilainya setara dengan evaporasi

F(u) = Fungsi kecepatan angin

Ea-ed = Perbedaan antara tekanan uap air jenuh pada suhu udara dan rata-rata dengan tekanan uap rata-rata diudara (mbar).

### **2.10.1 Kebutuhan Total Air Di Sawah**

Kebutuhan total air di sawah yaitu berupa kebutuhan air mulai penyiapan suatu lahan, pengolahan sebidang lahan, sehingga telah siap untuk dilakukan penanaman, hingga masa panen yang diartikan sebagai air yang diperlukan untuk proses awal

sampai akhir penanaman (Permana 2015). Dikutip dari Permana (2015), perhitungan kebutuhan total air disawah menggunakan rumus :

### Keterangan :

GFR = Kebutuhan total air di sawah (mm / hari atau Lt / hari . ha)

Etc = Evapotranspirasi tetapan (mm/hari)

WLR = Penggantian lapisan air (mm/hari)

P = Perkolasi

### **2.10.2 Kebutuhan air bersih di sawah (NFR/Net Field Requiment)**

Kebutuhan air bersih untuk tanaman disawah menurut Permana (2015) terbagi yaitu untuk pertumbuhan padi dihitung dengan persamaan :

$$NFR = Etc + P - Re + WLR \quad \dots \dots \dots \quad (2.8)$$

## Keterangan :

NFR = kebutuhan air bersih di sawah (mm/hari)

Etc = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

P = perkolasi (mm/hari)

Re = curah hujan efektif (mm/hari)

WLR = Penggantian lapisan air(mm/hari)

### **2.10.3 Kebutuhan Air Pada Pintu Pengambilan**

Kebutuhan air di pintu pengambilan atau bangunan utama dipengaruhi oleh luas areal tanam, kebutuhan air untuk tanaman di lahan dan efisiensi, sebagaimana diperlihatkan dalam persamaan berikut ini :

## Keterangan

DR = kebutuhan air pada pintu pengambilan (l/det/ha)

Ef = Efisiensi saluran 65%

NFR = Kebutuhan air bersih disawah

#### 2.10.4 Kebutuhan Air Konsumtif Tanaman

Kebutuhan air tanaman sebagai pengganti konsumtif ditentukan oleh koefisien tanaman dan evapotranspirasi potensial, yaitu dalam hubungan :

$$ETc = k \times Eto$$

Dimana :

Etc : Evaporasi sebenarnya

k : koefisien tanaman

Eto : Evaporasi potensial

Notasi k adalah koefisien tanaman (sering juga diebut koefisian evapotranspirasi tanaman). K merupakan angka pengali untuk menjadikan evapotranspirasi potensial (Eto) menjadi evaporasi sebenarnya (Etc).

Besarnya koefisien tanaman ini berhubungan dengan:

1. Jenis tanaman (contoh : padi, palawija)
2. Varietas tanaman (contoh : padi PB 5, padi IR 12)
3. Umur pertumbuhan tanaman

Sebagai contoh, besar koefisien tanaman padi dan jagung dengan varietas tertentu di Jawa Timur adalah seperti yang ada pada lampiran. Usaha memperkecil kebutuhan air tanaman, tidak dapat dengan memperkecil nilai ETo (karena berhubungan dengan iklim) namun hanya dapat dilakukan dengan memperkecil nilai k. Mengubah faktor k berarti mengubah jenis, varietas atau umur pertumbuhan tanaman. Contohnya memilih tanaman jagung sebagai pengganti padi atau mengubah saat tanam pada bulan-bulan tertentu.

Besarnya koefisien tanaman untuk setiap jenis tanaman akan berbeda-beda yang besarnya berubah setiap periode pertumbuhan tanaman itu sendiri. Koefisien

tanaman merupakan angka pengali untuk menjadikan evapotranspirasi potensi menjadi kebutuhan air tanaman. Besarnya koefisien tanaman sangat dipengaruhi oleh jenis tanaman, varietas tanaman dan umur tanaman. Usaha memperkecil kebutuhan air tanaman tidak dapat dilakukan dengan memperkecil nilai evapotranspirasi potensial karena nilai ini berhubungan dengan iklim, tetapi dilakukan dengan memperkecil nilai koefisien tanaman. Mengubah nilai koefisien tanaman berarti mengubah jenis, varietas dan umur tanaman. Sebagai contoh, besar koefisien tanaman padi.

Tabel 2. 9 Koefisien Tanaman Padi

Periode 15 hari ke	Nedeco / Prosida		FAO	
	Varitas Biasa	Varitas Unggul	Varitas Biasa	Varitas Unggul
1	1,20	1,20	1,10	1,10
2	1,20	1,27	1,10	1,10
3	1,32	1,33	1,10	1,05
4	1,40	1,30	1,10	1,05
5	1,35	1,30	1,10	1,05
6	1,25	0	1,05	0,95
7	1,12	-	0,95	0
8	0	-	0	-

Tabel 2. 10 Koefisien Tanaman Palawija

Setengah bulan ke	Koefisien Tanarnan					
	Kedelai	Jagung	Kac.Tanah	Bawang	Buncis	Kapas
1	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
2	0,75	0,59	0,51	0,51	0,64	0,50
3	1,00	0,96	0,66	0,69	0,89	0,58
4	1,00	1,05	0,85	0,90	0,95	0,75
5	0,82	1,02	0,95	0,95	0,88	0,91
6	0,45	0,95	0,95	-	-	1,04
7	-	-	0,55	-	-	1,05
8	-	-	0,55	-	-	1,05
9	-	-	-	-	-	1,05
10	-	-	-	-	-	0,78
11	-	-	-	-	-	0,65
12	-	-	-	-	-	0,65
13	-	-	-	-	-	0,65

## 2.10.5 Tanah

Tanah merupakan bagian kerak bumi yang memiliki susunan dari mineral serta bahan organik. Tanah begitu vital peranannya bagi semua kehidupan di bumi sebab tanah mendukung kehidupan tumbuhan dengan adanya hara dan air sekaligus sebagai penopang akar. Bentuk tanah yang memiliki rongga-rongga juga menjadi lokasi yang baik untuk akar untuk bernafas serta tumbuhan. Tanah juga menjadi tempat hidup

berbagai mikroorganisme. Untuk sebagian besar hewan darat, tanah menjadi lahan sebagai tempat bergerak dan hidup.

### 2.10.6 Perkolasi dan rembesan

Perkolasi atau gerakan aliran air dalam tanah secara vertikal ke bawah dan kesamping sebenarnya juga didapatkan dari hasil penelitian di lapangan, sangat tergantung pada sifat-sifat tanah dan karakteristik pengolahannya. Pada tanah lempung dengan pengolahan yang baik mempunyai laju perkolasi antar 1-3 mm/hari dan pada tanah pasir antara 3-6 mm/hari. Nilai perkolasi menurut tekstur tanah :

Tabel 2. 11 Perkolasi Dan Rembesan

NOMOR	TEKSTUR TANAH	BESARNYA PERKOLASI (mm/hari)
1	CLAY	1,0 – 1,5
2	SILTY CLAY	1,5 – 2,0
3	SILTY CLAY LOAM	2,0 – 2,5
4	MUDDY CLAY LOAM	2,5 – 3,0
5	SANDY LOAM	3,0 – 6,0

## 2.11 Menghitung Kebutuhan Air Irigasi dengan Metode FPR-LPR

### 2.11.1 Metode FPR (Faktor Polowijo Relatif)

Untuk memudahkan pelaksanaan di lapangan cara perhitungan kebutuhan air tanaman di Jawa Timur memakai metode Faktor Palawija Relatif (FPR). Metode ini merupakan dari metode-metode yang telah diterapkan di Negara Belanda yaitu Pasten. Persamaan untuk metode FPR yaitu (Anonim, 2009: II-10):

Dengan :

FPR = Faktor Palawija Relatif (ltr/det/ha.pol)

**Q** = Debit yang mengalir di sungai (ltr/det)

LPR = Luas Palawija Relatif (ha.pol)

Rencana tata tanam Metode ini adalah sebagai berikut :

1. Jika air cukup,pola tanam dengan cara
  - a. Padi-Padi-Palawija
  - b. Padi-Padi-Bero
2. Jika air sedang, pola tanam dengan cara
  - a. Padi-Padi-Bero
  - b. Padi-Palawija-Palawija
3. Jika air kurang,Pola tanam dengan cara
  - a. Padi-Palawija-Bero

Tabel 2. 12 Nilai Palawija Relatif (FPR)

Jenis Tanah	FPR (ltr/det/ha.pol)		
	Air Kurang	Air Cukup	Air Memadai
Alluvial	0,18	0,18 – 0,36	0,36
Latosol	0,12	0,12 – 0,23	0,23
Grumosol	0,06	0,06 – 0,12	0,12
Giliran	Perlu	Mungkin	Tidak

Sumber : DPU Tingkat I Jawa Timur, 1997:1

### 2.11.2 Metode Nilai LPR (Luas Palawija Relatif)

Pada dasarnya nilai LPR adalah perbandingan kebutuhan air antara jenis tanaman satu dengan jenis tanaman lainnya. Tanaman pembanding yang digunakan adalah palawija yang mempunyai nilai 1 (satu). Semua kebutuhan tanaman yang akan dicari terlebih dahulu dikonversikan dengan kebutuhan air palawija yang akhirnya di dapatkan satu angka sebagai faktor konversi untuk setiap jenis tanaman, seperti contoh yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2. 13 Nilai LPR

Jenis Tanaman	Kebutuhan (x Palawija)
Palawija	1
Padi rendeng	
a. Untuk pembibitan, penggarapan lahan dan tanaman	20
b. Untuk padi, penggarapan lahannya	6
c. Untuk pemeliharaan padi (dewasa/tua)	4
Padi Gadu ijin	Sama dengan padi rendeng
Padi Gagu tak ijin	1
Tcbu	
a. Bibit	1,5
b. Muda	1,5
c. Tua	0
Tembakau/Rosela	1

Sumber : DPU Tingkat I Jawa Timur, 1997:1

## 2.12 Pola Tanam

Pada prinsipnya pola tanam dapat diartikan sebagai pengaturan tata letak tanaman pada sebidang lahan tertentu dalam satu periode pertanaman sehingga memberikan hasil yang optimal serta meningkatkan pendapatan petani dalam sistem usaha tani. Pola tanam mencerminkan suatu upaya memaksimalkan pemanfaatan sebidang lahan untuk kegiatan pertanaman pada suatu periode/waktu tertentu. Dalam pengertian pola tanam ada tiga hal yang menjadi kunci keberhasilan penerapan pola tanam dan perlu diperhatikan, yaitu: jenis tanaman, lahan, dan kurun waktu tertentu.

Pola tanam merupakan upaya untuk meningkatkan pemanfaatan lahan pertanian secara optimal dengan segala keterbatasannya yang dilakukan dengan cara mengatur pola tanam (pertanaman). Mengatur pola tanam bertujuan untuk meningkatkan pendapatan petani dalam suatu sistem usaha tani serta dapat mengurangi risiko kegagalan karena tidak panen. Peningkatan produksi dengan efisiensi teknis yang tinggi sangat penting karena dapat meningkatkan hasil dan pendapatan bagi petani. Upaya penggunaan efisiensi teknis dengan pengalokasian sumber daya yang tersedia secara optimal diharapkan mampu meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman serta dapat menekan biaya usaha tani (produksi) sekecil mungkin, dengan demikian pendapatan petani akan mengalami peningkatan, hal ini dapat dicapai melalui penerapan pola tanam (Manihuruk, et al., 2018).

Penerapan pola tanam bertujuan untuk memanfaatkan sumber daya lahan secara optimal, efektif dan efisien untuk menghindari risiko kegagalan panen dalam sistem usaha tani karena hanya mengusahakan satu jenis tanaman saja dalam satuan waktu tertentu. Dengan beragamnya jenis tanaman yang ditanam pada sebidang lahan, maka petani akan terhindar dari risiko gagal panen.

### **2.12.1 Manfaat Pola Tanam**

Menurut Agoestina (2020), ada beberapa keuntungan yang diperoleh melalui penerapan pola tanam tumpangsari antara lain :

1. Efisien penggunaan ruang dan waktu: tumpang sari merupakan penanaman lebih dari satu jenis tanaman pada satu bidang lahan dalam periode waktu yang sama, sehingga akan dihasilkan lebih dari satu jenis panen (hasil) dalam waktu yang hampir bersamaan. Tidak ada ruang/tempat atau lahan yang kosong karena semua lahan dimanfaatkan secara optimal untuk pertanaman tanaman sehingga penggunaan lahan lebih efektif dan efisien.
2. Mencegah dan mengurangi pengangguran musim. Melalui penanaman berbagai jenis tanaman, maka dibutuhkan banyak tenaga kerja sehingga pola tanam menciptakan lapangan pekerjaan. Dengan demikian, sepanjang musim selama satu tahun tetap ada pekerjaan bagi petani.
3. Pengolahan tanah menjadi minimal : adanya pertanaman sepanjang tahun dapat mengurangi kegiatan pengolahan tanah.
4. Meragamkan sumber protein dan gizi bagi masyarakat. Program diversifikasi pangan (gizi) bagi masyarakat dapat terlaksana dengan beragamnya komoditas pangan yang dihasilkan melalui penerapan pola tanam atau tumpang sari.
5. Terjadinya pendapatan bagi keluarga petani sepanjang tahun sebagai akibat dari beragamnya komoditas pangan yang dihasilkan dan petani terhindar dari risiko kegagalan dalam sistem usaha tani.

### **2.12.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pola Tanam**

Menurut Mustaqiman (2010), Teknologi pola tanam supaya dapat diterapkan secara baik dan tepat serta memberikan hasil yang maksimal sangat tergantung dan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

## 1. Iklim

Iklim sangat penting dan peranannya sangat besar pada sistem pertanian. Kondisi iklim pada suatu tempat atau wilayah, iklim pada musim hujan ataupun musim kemarau berbeda dan memengaruhi terhadap persediaan air yang diperlukan tanaman. Pada musim hujan persediaan air untuk tanaman berada dalam jumlah besar, sebaliknya pada musim kemarau persediaan air akan menurun atau terbatas. Pola iklim kadang kala bisa terjadi penyimpangan yang sangat nyata dan dapat memengaruhi pola tanam yang dikembangkan.

## 2. Topografi

Merupakan letak atau ketinggian lahan dari permukaan air laut. Topografi juga berpengaruh terhadap suhu dan kelembapan udara di mana keduanya dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman. Tetapi di lahan rawa pasang surut, karena topografi lahan termasuk datar (flate) dan merupakan dataran rendah sehingga pengaruh ketinggian tempat relatif tidak berpengaruh.

## 3. Debit Air Yang Tersedia

Debit air pada musim hujan akan lebih besar dibandingkan debit air pada musim kemarau, sehingga perlu diperhitungkan apakah debit air saat itu mencukupi apabila ditanami dengan jenis tanaman tertentu. Pada lahan rawa pasang surut dengan tipe luapan B pertanaman di musim hujan dapat dikatakan air cukup, tetapi pada musim kemarau diperlukan pengelolaan air yang sesuai dan tepat agar suplai air terhadap tanaman dapat terpenuhi dengan baik.

## 4. Jenis Tanah

Karakteristik keadaan fisik, kimia dan biologi tanah, hal ini sangat erat kaitannya dengan kesuburan tanah, termasuk juga kesesuaian jenis dan varietas tanaman yang akan dikembangkan pada sistem pertanian.

## 5. Sosial Ekonomi

Dalam usaha pertanian kondisi sosial ekonomi merupakan faktor yang sulit untuk diubah, sebab berhubungan dengan kebiasaan petani (budaya) dalam menanam suatu jenis tanaman.

## **2.13 Kebutuhan Air Pada Tanaman**

Kebutuhan air untuk tanaman adalah jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman untuk proses pertumbuhannya, sehingga diperoleh tambahan berat kering tanaman. Kebutuhan air tanaman dapat diukur dari perbandingan berat air yang dibutuhkan untuk setiap pertambahan berat kering tanaman. Dari sudut pandang irigasi, kebutuhan air untuk tanaman ditentukan oleh dua proses kehilangan air selama pertumbuhan tanaman, yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah kehilangan air karena penguapan dari permukaan tanah dan badan air atau permukaan tanaman tanpa memasuki sistem tanaman. Air yang berasal dari embun, hujan atau irigasi siraman yang kemudian menguap tanpa memasuki tubuh tanaman termasuk dalam air yang hilang karena evaporasi ini. Transpirasi adalah kehilangan air karena penguapan melalui bagian dalam tubuh tanaman, yaitu air yang diserap oleh akar- akar tanaman, dipergunakan untuk membentuk jaringan tanaman dan kemudian dilepaskan melalui daun ke atmosfir. Kedua proses kehilangan air tersebut kemudian sering disebut sebagai evapotranspirasi (Kartasapoetra dan Santoso, 1994). Kebutuhan air tanaman perlu diketahui agar air irigasi dapat diberikan sesuai dengan kebutuhannya. Jumlah air yang diberikan secara tepat, di samping akan merangsang pertumbuhan tanaman, juga akan meningkatkan efisiensi penggunaan air sehingga dapat meningkatkan luas areal tanaman yang bisa diairi. Kebutuhan air untuk tanaman merupakan salah satu komponen kebutuhan air yang diperhitungkan dalam perancangan sistem irigasi. Berbagai metode telah dikembangkan guna mengukur kebutuhan air untuk tanaman. Dalam perancangan sistem irigasi, kebutuhan air untuk tanaman dihitung dengan menggunakan metode prakira empiris berdasar rumus tertentu (Ditjen Pengairan PU, 1986; Harjadi, 1979). Tanaman padi sawah adalah satu-satunya komoditi pertanian yang relatif banyak dan lama membutuhkan air bagi kehidupannya dibanding dengan tanaman/komoditi lain. Mulai dari mengolah tanah, persemaian masa pertumbuhan dan masa berbunganya, rata-rata membutuhkan air 1,2 liter/detik/ha (Badan Litbang Pertanian, 2007).

## **2.14 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu diperlukan dalam setiap pelaksanaan penelitian karena bertujuan untuk mendapatkan gambaran dan berbagai metode analisis yang digunakan

peneliti sebelumnya, serta menunjang penelitian dan memperkuat kerangka berfikir peneliti. Peneliti terdahulu yang menjadi refensi dalam penelitian ini antara lain :

No	Peneliti	Judul penelitian	Tujuan penelitian <sup>nn</sup>	Hasil
1	Susilowati, Dwi Rustam Kendarto, Rizky Mulya Sampurno	ANALISIS NERACA AIR IRIGASI UNTUK MENDAPATKAN POLA TANAM OPTIMAL DI DAERAH IRIGASI CILIMAN	Pemeliharaan (OP) infrastruktur irigasi dilakukan penyempurnaan system pengembangan dan pengelolaan irigasi dengan konsep modernisasi irigasi. Modernisasi irigasi didefinisikan sebagai upaya mewujudkan sistem pengelolaan irigasi partisipatif yang berorientasi pada pemenuhan tingkat layanan irigasi secara efektif, efisien	Neraca air irigasi di Daerah Irigasi Ciliman pada kondisi eksisting mengalami defisit pada bulan Mei periode ke-2, Juni periode ke-2, Juli, Agustus, September, Oktober, November periode ke-2, dan Desember periode ke-1. Upaya yang dilakukan dalam mengatasi permasalah kekurangan air adalah melakukan

		<p>dan berkelanjutan dalam rangka mendukung ketahanan pangan dan air, melalui peningkatan keandalan penyediaan air, prasarana, pengelolaan irigasi, institusi pengelola dan sumber daya manusia.</p>	<p>optimasi pola tanam. Hasil optimasi pola tanam terbaik adalah 100% padi ditanam di musim tanam I, 33,6% kedelai ditanam di musim tanam II, dan 12,9% kedelai ditanam di musim tanam III. Adapun saran kepada para pemangku kepentingan di Daerah Irigasi Ciliman selain rekomendasi pola tanam adalah membuat tumpungan air sebagai antisipasi dan mitigasi kelangkaan air di musim kemarau</p>
--	--	--	--

				ataupun kelebihan air di musim hujan.
2	Siti Farhah Bokings	ANALISIS NERACA AIR DAERAH ALIRAN SUNGAI BIYONGA	Untuk menanggulangi permasalahan dalam keseimbangan air karena kebutuhan air melebihi ketersediaan yang ada.	<p>1. Kebutuhan air (domestik dan irigasi) berdasarkan perhitungan dari data jumlah penduduk yang ada serta kebutuhan air irigasi yang dihitung sesuai dengan luas areal dan masa tanam maka diperoleh kebutuhan air berkisar antara 0,15 m<sup>3</sup>/detik sampai dengan 0,43 m<sup>3</sup>/detik.</p> <p>2. Ketersediaan air berdasarkan perhitungan berkisar antara 0,39 m<sup>3</sup>/detik sampai dengan</p>

				1,98 m <sup>3</sup> /detik. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pengaliran air dari sungai memenuhi kebutuhan. 3. Analisis Neraca Air Sungai Biyonga pada tahun 2020 sesuai dengan perhitungan antara ketersediaan dan kebutuhan air adalah 0,15 m <sup>3</sup> /detik sampai dengan 1,65 m <sup>3</sup> /detik dan dapat disimpulkan ketersediaan air Sungai Biyonga dapat memenuhi
--	--	--	--	---

				kebutuhan air domestik ataupun untuk lahan irigasi.
3	Afid Nurkholis, Yuli Widyaningsih,Ayu Dyah Rahma, Amalya Suci, Ardian, Gina Aprila, Arum Sari Widiastuti, Deka Ayu Maretya	ANALISIS NERACAAIR DAS SEMBUNG, KABUPATEN SLEMAN, DIY	Untuk mengetahui kondisi sumberdaya air yang ada di suatu tempat, khususnya DAS Sembung yang meliputi ketersediaan meteorologis, ketersediaan airtanah dan air permukaan, serta kebutuhan air (domestik, irigasi, peternakan, dan industri).	Ketersediaan air meteorologis DAS Sembung pada bentuklahan lereng kaki gunungapi sebesar 5.827.098 m <sup>3</sup> /tahun, pada bentuklahan dataran kaki sebesar 2.652.140 m <sup>3</sup> /tahun sedangkan pada teras sungai sebesar 332.024 m <sup>3</sup> /tahun. Ketersediaan air meteorologis pada DAS Sembung akan

				mengalami surplus pada saat musim penghujan dan akan mengalami defisit pada saat musim kemarau. Kebutuhan air domestik pada DAS Sembung yang paling besar adalah pada bentuklahan lereng kaki sebesar 312.977 m <sup>3</sup> /tahun, hal ini dibuktikan dengan jumlah penduduk dan luas desa yang ada lebih besar pada bentuklahan ini. Kebutuhan air irigasi yang paling besar dimiliki oleh
--	--	--	--	--

				bentuklahan lereng kaki yaitu sebesar 5.563.237 m <sup>3</sup> /tahun, kebutuhan air irigasi yang besar ini disebabkan karena luas lahan sawah yang ada lebih luas pada lereng kaki. Kebutuhan air peternakan yang paling besar berada pada bentuklahan lereng kaki yaitu sebesar 14.250 m <sup>3</sup> /tahun. Kebutuhan air perikanan yang paling besar berada pada bentuklahan lereng kaki sebesar
--	--	--	--	---

				125.070 m <sup>3</sup> /tahun. Kebutuhan air industri terbesar berada pada bentuklahan dataran kaki yaitu sebesar 103.824 m <sup>3</sup> /tahun, hal ini disebabkan karena wilayah ini sudah dekat dengan perkotaan sehingga jumlah industri yang ada lebih besar pada bentuklahan ini. Tingkat kekritisian air pada bentuklahan lereng kaki, dataran kaki, dan teras sungai pada DAS Sembung
--	--	--	--	---

				tergolong tidak kritis. Hal ini disebabkan karena potensi ketersediaan air yang banyak meliputi airtanah, air permukaan, dan mata air.
4	Alfia Rahmawati, Harjono	Nur  PERENCANAAN TATA KELOLA AIR BAKU IRIGASI DAN AIR BAKU DOMESTIK DI DESA MAIBIT KECAMATAN RENGEL KABUPATEN TUBAN	Merencanakan tata Kelola air baku irigasi dan air baku domestic sangat diperlukan dengan menganalisa tentang semua faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pengelolaan.	<p>1) Kebutuhan air domestik untuk umur perencanaan tata kelola sampai 5 tahun kedepan adalah sebesar 569 l/hari dan pada tahun 2016 sebesar 559 l/hari.</p> <p>2) Kebutuhan air baku irigasi untuk 100 ha persawahan yang ada di desa maibit adalah sebesar 0,432 /det.</p>

				<p>3) Setelah menganalisa saluran dan sistemnya, Pengelolaan yang bagus antara air baku irigasi dan air baku domestik adalah dengan cara sistem bergiliran untuk air baku irigasi.</p> <p>4) Sistem manajemen pengelolaan akan di bentuk suatu kelompok pemakai air bersih dan kelompok pemakai air untuk persawahan yang terstruktur dengan baik.</p> <p>5) Perhitungan hidrolik</p>
--	--	--	--	---

				perpipaan untuk domestik dengan hasil Diameter pipa 25mm dan 32 mm. Dan perhitungan hidrolis irigasi telah sesuai dan tidak perlu adanya pelebaran saluran
--	--	--	--	--