

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hujan

Hujan merupakan salah satu bagian dari siklus hidrologi yang berasal dari air laut dan air daratan. Hujan mengalami proses penguapan membentuk uap air yang terangkat dan terbawa angin di atmosfer, kemudian mengembun dan akhirnya jatuh ke daratan atau laut sebagai air hujan. Sebagian air hujan yang turun ke permukaan akan diserap oleh tanaman, sebagian lainnya akan menguap kembali ke atmosfer dan selebihnya akan mengalir di permukaan tanah, meresap ke dalam tanah lalu masuk ke sungai dan mengalir menuju ke laut. Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki curah hujan yang tinggi sehingga hujan sering terjadi sepanjang tahun.

Air hujan memiliki peran yang sangat penting bagi makhluk hidup salah satunya tumbuhan. Air hujan berperan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan tumbuhan. Salah satu kandungan dalam air hujan yang berperan sebagai nutrisi tumbuhan yaitu besi. Besi merupakan salah satu elemen kimiawi yang banyak terdapat di perairan dan tanah. Besi sebagai unsur esensial dibutuhkan oleh tanaman, besi memiliki banyak peran penting dalam proses metabolisme tanaman. Proses metabolisme tersebut meliputi fotosintesis, respirasi dan penyusunan utama protein sel.

2.2. Curah Hujan

Curah hujan adalah tingkat air hujan yang terkumpul di tempat yang datar dan tidak menguap, tidak meresap, atau mengalir. Satu milimeter curah hujan berarti volume air setinggi satu milimeter atau satu liter dalam area satu meter persegi yang datar. Curah hujan andalan merupakan bagian dari curah hujan total yang secara efektif memenuhi kebutuhan air tanaman.

Probabilitas curah hujan adalah curah hujan andalan untuk tanaman padi. Satu milimeter adalah satuan yang digunakan untuk menunjukkan ketinggian air yang jatuh. Sebagai contoh, curah hujan 1 milimeter menunjukkan ketinggian air yang jatuh dalam ruang 1 meter persegi. Jika Anda menghitungnya, maka dalam 1 meter persegi akan terkumpul 1 liter air.

Mombrometer adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur tingkat curah hujan. Penakar hujan berfungsi untuk mengukur jumlah curah hujan yang turun dalam skala per satuan luas. Cara kerjanya adalah untuk mengukur tinggi air yang tertampung atau tergenang. Misalnya, jika pengamatan hujan dilakukan di area tertentu dan ditemukan air tampungan 20 mm, lokasi tersebut memiliki curah hujan 20 mm.

Jumlah curah hujan tahunan rata-rata di Indonesia berkisar antara 500 mililiter hingga 5000 milimeter, dan tinggi dan rendahnya curah hujan dipengaruhi oleh lokasi dan ketinggian. Misalkan curah hujan lebih tinggi di wilayah yang terletak di pantai selatan atau barat. Namun, curah hujan dapat diukur dengan alat yang disebut ombrometer. Alat ini berfungsi untuk mengukur tinggi air yang tertampung atau tergenang. Misalnya, ketika hujan diamati di lokasi tertentu dan air tampungan mencapai 20 mm, lokasi tersebut menerima curah hujan 20 mm.

a. Perhitungan Curah hujan rata-rata

Metode poligon theiessen digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata. Metode ini mempertimbangkan berat masing-masing stasiun dan luasan sekitarnya. Dalam suatu area DAS, hujan yang jatuh mewakili area tersebut, sehingga hujan yang dicatat di stasiun terdekat mewakili area tersebut. Jika sebaran stasiun curah hujan di wilayah yang diteliti tidak merata, metode ini digunakan. Metode ini menggunakan minimal tiga stasiun curah hujan untuk menghitung curah hujan rata-rata, yang dihitung dengan mempertimbangkan daerah pengaruh masing-masing stasiun curah hujan. Biasanya metode ini digunakan dalam menghitung curah hujan rata-rata kawasan. Dalam metode ini menggunakan rumus sebagai berikut ini

$$\text{Rumus koefisien theiessen (} \alpha_n \text{): } \frac{A_n}{\epsilon A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan

A_n = Luas Polygon

ϵA = Luas Poligon total

Rumus curah hujan rata-rata :

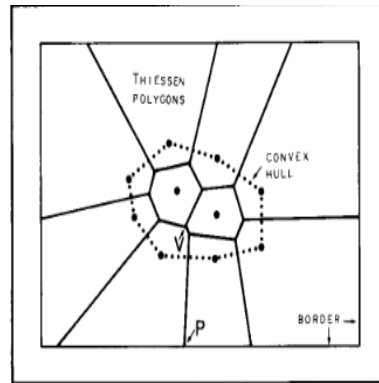
$$P = \frac{(A_1 \times P_1) + (A_2 \times P_2) + \dots + (A_n \times P_n)}{A_{Total}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan

P = Hujan rata-rata DAS pada suatu hari (mm)

$P_1 - P_n$ = Hujan yang tercatat pada stasiun 1 sampai stasiun n (mm)

$A_1 - A_n$ = Luas areal yang mewakili stasiun 1 sampai stasiun n



Gambar 2.1 Poligon Thiessen

(Brassel and Reif, 1979)

2.3. Curah Hujan Efektif

Dalam konteks irigasi, curah hujan efektif adalah curah hujan yang meresap ke dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Curah hujan efektif ditentukan dengan menghitung 70% dari 80% curah hujan, yang dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan

$$R_{80} = (n + 1) \times 0,8 \dots \dots \dots (3)$$

Untuk menghitung R 80% dipakai persamaan berikut ini:

$$R_e = 0.7 \times R_{80}/t \text{ Periode} \dots \dots \dots (4)$$

Dengan :

R_e = curah hujan efektif

R_{80} = curah hujan 80%

2.4. Irigasi

Menurut Peraturan Pemerintah No. 25 tahun 2001 tentang irigasi yang di maksud dengan irigasi adalah sebagai pendayagunaan air irigasi, yang mencakup

operasi dan pemeliharaan, pengamanan, rehabilitasi, dan pembangunan jaringan irigasi.

Irigasi diselenggarakan dengan tujuan mewujudkan kemanfaatan air yang menyeluruh, terpadu, dan berwawasan lingkungan, serta untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, khususnya petani (Peraturan Pemerintah Tahun 2001).

Tersedianya air irigasi memberikan manfaat dan kegunaan lain, seperti:

1. Mempermudah pengolahan lahan pertanian
2. Memberantas tumbuhan pengganggu
3. Mengatur suhu tanah dan tanaman
4. Memperbaiki kesuburan tanah
5. Membantu proses penyuburan tanah

Untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, usaha harus dilakukan secara menyeluruh dan merata, terutama dalam situasi di mana sumber air terbatas. Misalnya, selama musim kemarau, banyak lahan pertanian tidak ditanami karena kekurangan air. Untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, manajemen yang didukung oleh teknologi dan sistem hukum yang kuat diperlukan. Kebutuhan tanaman mengatur penggunaan air. Pengelolaan yang baik berarti bahwa jaringan dan fasilitas irigasi dikelola secara tertib dan teratur di bawah pengawasan dan pertanggungjawaban suatu lembaga atau organisasi yang dikenal sebagai Perkumpulan Petani Pemakai Air. (P3A) (Peraturan Pemerintah, 2001).

Ditinjau dari sudut pengelolaannya, sistem irigasi dibagi menjadi :

1. Sistem irigasi non teknis yaitu irigasi yang dibangun oleh masyarakat dan pengelolaan seluruh bangunan irigasi dilakukan sepenuhnya oleh masyarakat

setempat.

2. Sistem irigasi teknis yaitu suatu sistem yang dibangun oleh pemerintah dan pengelolaan jaringan utama yang terdiri dari bendung, saluran primer, saluran sekunder dan seluruh bangunan dilakukan oleh pemerintah, dalam hal ini Pemerintah daerah setempat. sedangkan jaringan tersier dikelola oleh masyarakat.

2.5. Ketersediaan Air Irigasi

Ada tiga sumber utama air: air hujan, air permukaan, dan air tanah. Hujan yang jatuh di atas permukaan Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagian akan mengalir melalui permukaan dan masuk ke dalam saluran, sungai, atau danau, sebagian lagi akan menguap kembali karena iklimnya, dan sebagian lagi akan meresap jatuh ke tanah sebagai pengisi atau kandungan air tanah. Ketersediaan air adalah jumlah air yang diperkirakan terus menerus ada di suatu tempat dalam jumlah tertentu dan dalam waktu tertentu (Direktorat Irigasi, 1980). Metode perhitungan ketersediaan air dapat digunakan untuk mengetahui ketersediaan air di sungai; dalam studi ini, metode F.J. Mock digunakan untuk mengetahui debit andalan pada lokasi studi dari data runtut seri hujan. Menghitung debit andalan memerlukan data catatan debit.

2.6. Debit Andalan Mock

Adalah debit yang diharapkan selalu tersedia sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang diperhitungkan sekecil mungkin. Apabila ditetapkan debit andalan untuk keperluan PLTA 90 % maka resiko kegagalannya adalah 10 %, ini terjadi pada debit pengambilan lebih kecil dari pada debit yang diperhitungkan. Data debit andalan pada umumnya diperlukan untuk perencanaan pengembangan

air irigasi, air baku dan pembangkit tenaga listrik tenaga air (PLTA), yaitu untuk menentukan perhitungan persediaan air pada bangunan pengambilan.

Agar mendapatkan perhitungan debit andalan yang baik, untuk itu diperlukan data penatatan debit dengan jangka waktu panjang, hal ini untuk mengurangi teradinya penyimpangan data perhitungan yang terlalu besar. Pada perhitungan debit andalan, pada umumnya dilakukan dengan cara merangking atau debit rata-rata bulanan, setengah bulanan atau debit rata-rata sepuluh harian, yang ditetapkan berdasarkan pola oprasi bendung atau bendungan.

(Makassar, Makassar and Statistik, 2018) Metode Mock menggunakan konsep keseimbangan air untuk memperkirakan keberadaan air. Di sini, keberadaan air dimaksudkan sebagai volume debit suatu wilayah aliran sungai. Dr. F. J. Mock mengembangkan metode Mock untuk menghitung debit bulanan rata-rata. Ini adalah salah satu dari beberapa metode yang menjelaskan hubungan antara hujan dan runoff. Untuk perhitungan debit dengan metode Mock ini, data klimatologi, luas, dan penggunaan lahan dari area catchment diperlukan. Proses perhitungan yang dilakukan dalam metode Mock sebagai berikut:

1. Perhitungan evapotranspirasi potensial (metode Penman)
2. Perhitungan evapotranspirasi Terbatas

Evapotranspirasi terbatas merupakan evapotranspirasi aktual dengan mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan muka air serta frekuensi curah hujan. Untuk menghitung evapotranspirasi terbatas maka diperlukan data sebagai berikut ini:

- a. Curah hujan 10 harian (P)
- b. Jumlah hari (n)

- c. Jumlah permukaan kering 10 harian
dihitung dengan asumsi bahwa tanah dalam suatu hari hanya mampu menahan air 12 mm dan selalu menguap 4 mm.
- d. Exposed surface (m%) atau singkapan lahan ditaksirkan dengan peta tata una lahan atau dengan asumsi pada **Tabel** sebagai berikut.

Tabel 2.1 Exposed Surface

M %	Daerah
0 %	Hutan lebat, Hutan sekunder
10-40 %	Lahan yang tererosi
20-50 %	Lahan pertanian yang diolah

Sumber : (Sudinda, 2021)

- e. Perhitungan water surplus
- f. Perhitungan base flow dan direct runoff.

Metode F.J. Mock digunakan untuk menghitung keseimbangan air. Perhitungan ini membutuhkan data seperti hujan bulanan rata-rata (mm), jumlah hari hujan rata-rata (hari), evapotranspirasi, limpasan permukaan, tampungan tanah, dan aliran dasar. Debit andalan (Q 80%) adalah debit minimum rata-rata tengah bulanan untuk kemungkinan tidak terpenuhi 20%. Pada analisis debit andalan digunakan Metode Mock dengan rumus :

$$Q = (Dro + Bf) F \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Limpasan langsung (DRO)} = Ws - I$$

$$\text{Limpasan air (RO)} = DRO + BF$$

$$\text{Debit Andalan (Q)} = (RO \times F)$$

Keterangan:

Q = Debit andalan (m^3 / dt).

Dro = Limpasan langsung/ direct runoff (mm).

Bf = Aliran dasar/ Base flow (mm).

F = Luas daerah tangkapan/ cathment area (km^2).

I = Infiltrasi

Ws = Water surplus

2.7. Kebutuhan Air Irigasi

Pada dasarnya, ada tiga jenis air: air hujan, air permukaan, dan air tanah. Air permukaan, yang berupa sungai, saluran, danau, dan tampungan lainnya, merupakan sumber air utama dalam manajemen alokasi air. Ketersediaan air dapat diukur dengan satuan yang biasa digunakan, meter kubik persekon (m^3 / s) atau liter persekon (l / s), seperti di lokasi pos dugaan air atau bendung tempat pengambilan air. Selain itu, jumlah air yang tersedia dapat diidentifikasi untuk suatu wilayah tertentu, seperti wilayah sungai (WS), daerah aliran sungai (DAS), daerah irigasi (DI), dan sebagainya.

Tenaga kerja yang menangani usaha tani dapat digunakan untuk menentukan besarnya kebutuhan air. Petani memiliki keterampilan kerja yang diperoleh melalui pendidikan dan keterampilan turun menurun. Dengan tenaga kerja yang terampil, petani diharapkan dapat melakukan pekerjaannya dengan baik.

Dalam perencanaan pendahuluan suatu sistem irigasi, hal pertama yang perlu dilakukan adalah melakukan analisis hidrologi. Analisis ini melibatkan

menghitung kebutuhan air, yang akan digunakan untuk menentukan jumlah air yang diperlukan untuk perencanaan bangunan irigasi. Perkiraan banyaknya air untuk irigasi didasarkan pada faktor-faktor dibawah ini:

1. Jenis tanaman
2. Cara pemberian air
3. Banyaknya curah hujan
4. Jenis tanah
5. Waktu penanaman
6. Keadaan iklim
7. Pemeliharaan saluran dan bangunan irigasi

Sedangkan untuk kebutuhan air di sawah untuk tanaman padi ditentukan oleh kebutuhan air tanaman, penggunaan konsumtif, perkolasi, penggantian air dan curah hujan efektif, yang secara analitis dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Evaporasi

Penguapan adalah proses di mana energi panas matahari mengubah air menjadi uap. Laju evaporasi dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk waktu penyinaran, angin, dan kelembaban udara. Berikut ini adalah rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung besarnya evaporasi menggunakan metode penman.

$$E_o = 0,35 (P_a - P_u) (1 + U^2/100) \dots\dots\dots(6)$$

Dengan:

E_o = Penguapan (mm/hari)

P_a = Tekanan uap jenuh pada suhu rata harian (mmHg)

P_u = Tekanan uap sebenarnya (mmHg)

U_2 = Kecepatan angin (mile/hari)

Penggunaan Konsumtif

Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang dipakai oleh tanaman untuk proses fotosintesis dari tanaman tersebut. Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus berikut :

$$ET_c = K_c \cdot E_{t_o} \dots\dots\dots(7)$$

Dengan :

K_c = Koefisien tanaman

E_{t_o} = Evapotranspirasi potensial (Penmann modifikasi) (mm/hari)

2. Perkolasi dan rembesan

Daya perkolasi (P) adalah laju perkolasi maksimum yang dimungkinkan, yang dipengaruhi oleh kondisi tanah zona tidak jenuh yang terletak antara permukaan tanah dan permukaan air tanah. Perkolasi terjadi dari zona tidak jenuh yang tertekan di antara permukaan tanah dan permukaan air tanah. Laju perkolasi pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik dapat mencapai 1-3 mm per hari, tetapi pada tanah yang lebih ringan dapat lebih tinggi.

3. Curah Hujan Rata-Rata

Cara ini adalah perhitungan rata-rata aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

$$R = (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(8)$$

di mana :

R = Curah hujan daerah (mm)

n = Jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

R₁, R₂, ... R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

4. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif diukur pada tingkat R₈₀, yang merupakan tingkat curah hujan yang dapat melampaui 80%, atau 8 kali dari 10 kali. Dengan kata lain, curah hujan yang lebih rendah dari R₈₀ hanya memiliki kemungkinan 20%. Bila dinyatakan dengan rumus adalah sebagai berikut :

$$R_{80} = \frac{m}{n+1} \times 100 \% \dots\dots\dots(9)$$

R₈₀ = Curah hujan sebesar 80%

n = Jumlah data

m = Rangkings curah hujan yang dipilih

Curah hujan efektif untuk padi adalah 70% dari curah hujan tengah bulanan, yang harus melebihi 80% selama periode tersebut. Untuk palawija, curah hujan efektif ditentukan dengan periode bulanan, yang harus melebihi 50%, berdasarkan tabel ET tanaman rata-rata bulanan dan curah hujan rata-rata bulanan. Untuk padi :

$$Re_{80} = (n + 1) \times 0,8 \text{ evapo}$$

Untuk palawija :

$$Re_{\text{palawija}} = Q50(n \times 1) \times 0,5$$

di mana :

R_e = curah hujan efektif (mm/hari)

R_{80} = curah hujan dengan kemungkinan terjadi sebesar 80 %

Kebutuhan air tanaman (Etc)

Penggunaan air untuk kebutuhan tanaman dipengaruhi oleh faktor jenis tanaman, umur tanaman, dan klimatologi. Penggunaan air tanaman dapat dihitung dengan rumus:

$$E_{tc} = C_r \times E_{to} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana:

E_{to} = Evaporasi acuan (mm/hari)

C_r = Koefisien tanaman rata-rata

5. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi dihitung dengan metode Penman dan Thornthwaite dan evapotranspirasi aktual dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$ET_0 = c[W \cdot R_n + (1-W) \cdot f(U) \cdot (e_a - e_d)] \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

ET_0 = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

c = Angka Koefisien Penman

W = Faktor koreksi terhadap temperature

Ketinggian (z)										
m										
0	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69
500	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,6	0,62	0,65	0,67	0,7
1000	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71
2000	0,49	0,52	0,58	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73
Temperatur °C	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Ketinggian (z)										
m										
0	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,8	0,82	0,83	0,84	0,85
500	0,72	0,74	0,76	0,77	0,78	0,8	0,82	0,83	0,84	0,85
1000	0,73	0,75	0,77	0,79	0,8	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87
2000	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88

Sumber : Aria Dayat Rakasani dkk, 2011.

c. Tekanan Uap Jenuh

Tekanan uap jenuh diambil dari temperatur udara rata-rata yang telah didapatkan lalu dihitung dengan interpolasi dengan melihat **Tabel 2.4.** yang ada di bawah ini (Rakasana dkk, 2011):

Tabel 2.4. Tekanan Uap Jenuh

Temperatur(°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>ea</i> (mbar)	6,1	6,6	7,1	7,6	8,1	8,7	9,8	10	10,7	11,5
Temperatur(°C)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<i>ea</i> (mbar)	12,3	13,1	14	15	16,1	17	18,2	19,4	20,6	22
Temperatur(°C)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
<i>ea</i> (mbar)	23,4	24,9	26,4	28,1	29,8	31,7	33,6	35,7	37,8	40,1
Temperatur(°C)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
<i>ea</i> (mbar)	42,9	44,9	47,6	60,3	53,2	56,2	59,4	62,8	66,3	69,9

Sumber : (Rakasani *et al.*, 2011)

d. Tekanan Uap Aktual (*ed*)

Dalam menghitung tekanan uap aktual (*ed*) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan yang ada dibawah ini (Rakasana dkk, 2017):

$$ed = ea \times \left(\frac{RH}{100}\right) \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan :

ed = Tekanan uap aktual (mbar)

ea = Tekanan uap jenuh (mbar)

RH = Kelembapan udara (%)

e. R_n (Net Radiasi Equivalen Evaporasi)

Untuk menghitung nilai R_n dapat dilihat dari rumus sebagai berikut ini (Rakasana dkk, 2017):

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan :

R_n = Penyinaran radiasi matahari (mm/hari)

R_{ns} = Penyinaran matahari yang diserap oleh bumi (mm/hari)

R_{nl} = Radiasi yang dipancarkan oleh bumi (mm/hari)

1) Penyinaran matahari yang diserap oleh bumi (R_{ns})

Perhitungan nilai R_{ns} maka diperlukan nilai dari penyinaran matahari teoritis yang bergantung pada garis lintang (R_a). Nilai R_a yang telah dihitung akan digunakan di perhitungan untuk mencari nilai R_s . Letak geografis Indonesia yang berada pada 5° Lintang Utara (LU) sampai 10° Lintang Selatan (LS). Dalam perhitungan ini dapat dilihat pada **Tabel 2.5.** yang ada dibawah ini (Satriawan, 2019):

Tabel 2.5. Extra Terresital Radiation (Ra)

Sumber: Satriawan, 2019.

Bulan	Lintang utara				Lintang Selatan				
	5	4	2	0	2	4	6	8	10
Jan	13,00	14,30	14,70	15,00	15,30	15,50	15,80	16,10	16,10
Feb	14,00	15,00	15,30	15,50	15,70	15,80	16,00	16,10	16,00
Mar	15,00	15,50	15,60	15,70	15,70	15,60	15,60	15,50	15,30
Apr	15,10	15,50	15,30	15,30	15,70	14,90	14,70	14,40	14,00
Mei	15,30	14,90	14,60	14,40	14,10	13,80	13,40	13,10	12,60
Jun	15,00	14,40	14,20	13,90	13,50	13,20	12,80	12,40	12,60
Jul	15,10	14,60	14,30	14,10	13,70	13,40	13,10	12,70	11,80
Aug	15,30	15,10	14,90	14,80	14,50	14,30	14,00	13,70	12,20
Sep	15,10	15,30	15,30	15,30	15,20	15,10	15,00	14,90	13,30
Okt	15,70	15,10	15,30	15,40	15,50	15,60	15,70	15,80	14,60
Nov	14,30	14,50	14,80	15,10	15,30	15,50	15,80	16,00	15,60
Des	14,60	14,10	14,40	14,80	15,10	15,40	15,70	16,00	16,00

Dalam menghitung penyinaran matahari yang diserap oleh bumi (R_{ns}) maka dapat dihitung dengan menggunakan beberapa persamaan berikut ini:

$$R_{ns} = 0,75 \times R_s \dots \dots \dots (14)$$

$$R_s = (0,25 + 0,5(n/N) \times R_a) \dots \dots \dots (15)$$

Keterangan :

R_s = Penyinaran radiasi matahari jatuh ke bumi setelah di koreksi (mm/hari)

R_a = penyinaran matahari secara teoritis yang tergantung pada garis lintang (mm/hari)

n/N = Ration sunshine/ intensitas dari penyinaran matahari (%)

n = Lamanya penyinaran matahari (jam/hari)

N = Lama penyinaran matahari secara astronomi dalam suatu hari

2) Radiasi yang dipancarkan oleh bumi (Rnl)

Untuk menghitung nilai dari (Rnl) maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut ini (Rakasana dkk, 2017) :

$$Rnl = f(T) \times f(ed) \times f(n/N) \dots \dots \dots (16)$$

$$f(ed) = (0,34 - 0,4 (Wed)^{1/2}) \dots \dots \dots (17)$$

$$f(n/N) = (0,1 + 0,9 (n/N)) \dots \dots \dots (18)$$

Keterangan :

$f(T)$ = Faktor koreksi terhadap temperatur

$f(ed)$ = Faktor koreksi terhadap tekanan uap

$f(n/N)$ = Faktor koreksi terhadap penyinaran matahari

Nilai dari koreksi terhadap pengaruh temperatur $f(T)$ maka dapat dilihat pada **Tabel 2.6.** yang ada dibawah ini (Rakasana dkk, 2017):

Tabel 2.6. Pengaruh Temperatur Udara $f(T)$ pada Gelombang Radiasi

Temperarur (°C)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
$f(T)$	11	11,4	11,7	12	12,4	12,7	13,1	13,5	13,8
Temperarur (°C)	18	20	22	24	26	28	30	32	34
$f(T)$	14,2	14,6	15	15,4	15,9	16,3	16,7	17,2	17,7

Sumber: Aria Dayat Rakasani dkk, 2011.

3) Fungsi Kecepatan Angin (U)

Untuk menghitung kecepatan angin dapat menggunakan persamaan yang ada dibawah ini (Rakasana dkk, 2017) :

$$f(U) = 0,27 \times (1 + U/100) \dots \dots \dots (19)$$

Keterangan :

$f(U)$ = Faktor dari kecepatan angin

U = Kecepatan angin (m/s)

6. Perkolasi dan rembesan

Perkolasi merupakan sebuah gerakan air ke bawah dari zona jenuh, yang tertekan di antara permukaan tanah dan permukaan air tanah (zona jenuh). Daya dari perkolasi (P) merupakan besar laju dari perkolasi maksimum yang dimungkinkan, yang besarnya dipengaruhi oleh kondisi dari tanah yang berada di zona tidak jenuh yang letaknya diantara permukaan tanah dan permukaan air tanah. Di tanah-tanah lempung berat memiliki karakteristik dalam pengolahan (puddling) yang baik, besar dari laju perkolasi adalah sebesar 1-3 mm/hari. Sedangkan di tanah-tanah yang lebih ringan biasanya besar laju perkolasinya lebih tinggi.

Tabel 2.7. Harga Perkolasi dari berbagai macam tanah

Macam Tanah	Perkolasi (mm/hari)
Sandy loam	3-6
Loam	2-3
Clay	1-2

Sumber: Soemarto, 1987

7. Penggunaan Konsumtif (Etc)

Penggunaan konsumtif merupakan jumlah air yang digunakan dalam proses fotosintesis oleh tanaman (Rakasana dkk, 2017). Perhitungan kebutuhan air

konsumtif dapat menggunakan rumus sebagai berikut ini (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal SDA, 2013):

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots \dots \dots (20)$$

Keterangan :

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

K_c = Koefisien tanaman

ET_o = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Koefisien tanaman (K_c) dapat berdasarkan dengan Standar Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01 (2013). Koefisien tanaman diberikan untuk menghubungkan antara ET_o dan ET_c . Koefisien yang digunakan telah di dasari pada pengalaman terus-menerus dalam proyek irigasi di daerah studi. Besarnya nilai dari suatu koefisien tanaman ini adalah faktor yang digunakan dalam mencari besarnya air yang telah habis dipakai dalam tanaman selama periode 10 harian. **Tabel 2.8.** merupakan harga koefisien tanaman yang digunakan dalam perhitungan penggunaan konsumtif tanaman. **Tabel 2.8.** dibagi menjadi 2 metode yaitu Nedeco/Prosida dan FAO. Berikut ini adalah **Tabel 2.8.** harga koefisiensi tanaman padi (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal SDA, 2013):

Bulan	Nedeco/prosida		FAO	
	Varietas ² biasa	Varietas ³ unggul	Varietas ² biasa	Varietas ³ unggul
0,5	1,20	1,2	1,10	1,10
1,0	1,20	1,2	1,10	1,10
1,5	1,32	1,30	1,10	1,05
2,0	1,40	1,30	1,10	1,05
2,5	1,35	0	1,10	0,95
3,5	1,12		0,95	
4,0	0 ⁴		0	

Tabel 2.8. Harga Koefisien Tanaman Padi

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal SDA, 2013

Tabel 2.9. Harga-Harga Koesfisien untuk Diterapkan dengan Metode Perhitungan Evapotranspirasi FAO

½ Bulan Ke	Koesfisien tanaman					
	Kedelai	Jagung	Kacang tanah	Bawang	Buncis	Kapas
1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2	0,75	0,59	0,51	0,51	0,64	0,5
3	1,0	0,96	0,66	0,59	0,89	0,58
4	1,0	1,05	0,85	0,9	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						0,78
10						0,65
11						0,65
12						0,65
13						0,65

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal SDA, 2013

8. Pergantian Lapisan Air (WLR)

Menurut Standar Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01 Tahun 2013, setelah proses pemupukan, lapisan air harus dijadwalkan dan diganti menurut kebutuhan. Jika tidak ada jadwal, pergantian dilakukan dua kali, masing-masing 50 mm atau 3,3 mm per hari per setengah bulan selama bulan pertama dan dua bulan kedua setelah transplantasi.

9. Penyiapan lahan

Metode yang dikembangkan oleh Van De Goor dan Zijlstra (1968) digunakan untuk menghitung kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung persiapan lahan: (Kurnianto & Sutopo, 2020):

$$E\phi = 1,1 \times ET\phi \dots \dots \dots (21)$$

Keterangan :

$E\phi$ = Evaporasi air terbuka yang diambil dari 1,1, $E\phi$ selama penyiapan lahan (mm/hari)

$ET\phi$ = Evapotranspirasi (mm/hari)

Untuk menemukan nilai dari M dan K maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut ini (Rakasana dkk, 2017):

$$M = E\phi + P \dots \dots \dots (22)$$

Keterangan :

M = Kebutuhan air untuk kehilangan air (mm/hari)

$E\phi$ = Evaporasi terbuka

P = Nilai perlokasi

Kebutuhan dasar (K) merupakan kebutuhan air saat lahan rendam dengan penuh maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut ini:

$$K = M \times T/S \dots \dots \dots (23)$$

Keterangan :

M = Nilai kebutuhan dasar

T = Jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S = Kebutuhan air, untuk penjemuran ditambah lapisan air 50 mm

Untuk tanah berstruktur berat tanpa retak-retak, Standar Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01 tahun 2013 menetapkan bahwa lapisan air yang diperlukan untuk persiapan lahan adalah 200 mm saat permulaan transplantasi, dan 50 mm ditambahkan ke lapisan air yang ada di sawah setelah transplantasi selesai. Secara keseluruhan, lapisan air yang diperlukan untuk persiapan lahan dan lapisan air awal setelah transplantasi selesai.

Jika lahan dibiarkan selama waktu yang lama, mungkin lebih dari 2,5 bulan, lapisan air 300 mm dapat diambil untuk menyiapkan lahan, bahkan setelah penggenangan 50 mm. Berikut ini **Tabel 2.10.** tentang kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal SDA, 2013):

Tabel 2.10. Kebutuhan Air Irigasi Selama Penyiapan Lahan

$M = E_0 + P(\text{mm/hari})$	$T = 30$ haari		$T = 45$ Hari	
	$S = 250$ mm	$S = 300$ mm	$S = 250$ mm	$S = 300$ mm
5,0	11,1	12,7	8,4	9,5
5,5	11,4	13,0	8,8	9,8
6,0	11,7	13,3	9,1	10,1
6,5	12,0	13,6	9,4	10,4
7,0	12,3	13,9	9,8	10,8
7,5	12,6	14,2	10,1	11,1

8,0	13,0	14,5	10,5	11,4
8,5	13,3	14,8	10,8	11,8
9,0	13,6	15,2	11,2	12,1
9,5	14,0	15,5	11,6	12,5
10,0	14,3	15,8	12,0	12,9
10,5	14,7	16,2	12,4	13,2
11,0	15,0	16,5	12,8	13,6

Sumber: (Direktorat Jendral SDA, 2013)

Menghitung penyiapan lahan dapat menggunakan persamaan yang ada dibawah ini (Rakasana dkk, 2017):

$$LP = M \times e^k / (e^k - 1) \dots \dots \dots (24)$$

Keterangan :

LP = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

M = Kebutuhan air untuk kehilangan air (mm/hari)

e = Nilai ekponensial (2,718281)

k = Nilai kebutuhan dasar

10. Perhitungan kebutuhan air irigasi

Untuk menghitung kebutuhan air irigasi digunakan rumus sebagai berikut :

$$IN = ET_{crop} + SAT + PERC + WL - Pe \dots \dots \dots (25)$$

Keterangan:

IN = Air irigasi yang dibutuhkan

ET_{crop} = Evapotranpirasi tanaman

SAT	= Penjenuhan
WL	= Curah hujan efektif
PERC	= Perkolasi
ET ₀	= Evaptranspirasi referensi untuk tanaman
Kc	= Koefesien tanaman

11. Kebutuhan Air di Sawah

Faktor-faktor seperti jenis tanaman, jenis tanah, metode pemberian air, metode pengolahan tanah, jumlah curah hujan, waktu penanaman, iklim, perawatan saluran dan bendung, dan lainnya memainkan peran penting dalam menentukan jumlah air yang diperlukan untuk irigasi. Jumlah air yang diperlukan untuk irigasi petak sawah dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{NFR} = \text{Etc} + \text{P} + \text{WLR} - \text{Re} \dots\dots\dots(26)$$

dengan :

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

Etc = Evaporasi tanaman (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

WLR = kedua penggantian lapis air

Kebutuhan air di sumbernya dapat diperkirakan dengan rumus :

$$DR \frac{NFR}{e} \times 8,64 \dots\dots\dots(27)$$

dengan :

IR = Kebutuhan air pengambilan (l/dt/ha)

NFR = kebutuhan air di sawah (mm/hr)

e = Efisiensi irigasi secara keseluruhan besar nilainya yaitu 0,65 didapatkan dari KP 01

8,64 = Angka konversi satuan dari mm/hari ke lt/dt/ha di dapatkan dari KP 01

2.8. Kebutuhan Air Tanaman

Proses evaporasi dan transpirasi memengaruhi kebutuhan air tanaman, yang kemudian dihitung sebagai evapotranspirasi, yang merupakan jumlah evaporasi dan transpirasi. Ada empat (empat) metode yang paling umum digunakan untuk mengukur evapotranspirasi: Metode Penman, Metode Radiasi, Metode Blaney Criddle, dan Metode Panci Evaporasi. Kecepatan angin, kelembaban udara, tekanan udara, sinar matahari, kelembaban tanah, dan suhu udara adalah beberapa faktor yang memengaruhi evapotanspirasi.

Dalam penelitian ini digunakan metode Penman dalam perhitungan evapotranspirasi. Metode ini memperhitungkan faktor-faktor alam (klimatologi) yang lebih unggul dibandingkan dengan metode yang lain karena memiliki akurasi data yang lebih tinggi. Berikut penjelasan faktor faktor kebutuhan air

Untuk mencari nilai NFR pada saat penyiapan lahan dapat menggunakan persamaan yang ada dibawah ini (Rakasana et al., 2017):

$$NFR = LP - Re \dots\dots\dots(28)$$

Keterangan :

NFR = Netto field water requirement, kebutuhan bersih air di sawah
(mm/hari)

LP = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

Berikut adalah Tabel Klasifikasi jaringan irigasi sebagai berikut

Tabel 2.11 Klasifikasi Jaringan irigasi

Klasifikasi	Jaringan irigasi		
	Teknis	Semiteknis	Sederhana
Bangunan utama	Permanen	Semi Permanen	Sementara
Kemampuan dalam mengukur dan mengatur debit	Baik	Sedang	Tidak mampu menga tur/ mengukur
Jaringan Saluran	Saluran pemberi dan pembua ng terpisah	Saluran pemberi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah	Saluran pemberi dan pembuang menjadi satu
Petak tersier	Dikembangkan sepenuhnya	Belum dikembangkan Identitas bangunan tersier jarang	Belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan
Efisiensi secara keseluruhan	50-60%	40-50%	40 %
Ukuran	Tak ada batasan	Sampai 2000 Ha	< 40 %
Jalan usaha tani	Ada ke seluruh areal	Hanya sebagaian areal	Cenderung tidak ada
Kondisi O dan P	- Ada instansi yang menangani - Dilaksa nakan teratur	Belum di atur	Tidak ada O dan p

Sumber: (Setiyawan,2017)

2.9. Penelitian Tedahulu

Sebelum melakukan analisis dan perhitungan maka dilakukan dulu studi dari literatur terdahulu dengan menggunakan beberapa penelitian terkait penelitian ini. Ini dilakukan agar didapatkan hipotesa sementara yang dapat dibuktikan dengan penelitian ini dan juga prosedur yang baik dalam melakukan analisis.

(Admadhani, Haji and Susanawati, 2014) Analisis kebutuhan, ketersediaan, dan kebutuhan air untuk daya dukung lingkungan (Study Case of Malanag City) Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menentukan status daya dukung lingkungan Kota Malang. Analisis kuantitatif digunakan untuk menentukan status daya dukung lingkungan. Jumlah penduduk, luas sawah, jumlah ternak, dan industri adalah beberapa faktor yang menentukan kebutuhan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa status daya dukung lingkungan untuk Kedungkandang dan Sukun aman dengan rasio berturut-turut 2.7 dan 2.3; untuk Kecamatan Klojen, Blimbing, dan Lowokwa, rasionya adalah 2.7 dan 2.3, sementara kebutuhan air domestik meningkat 13.81%, non domestik 13.78%, industri 16.67%, dan peternakan 10255.56%.

(Hasibuan, 2010) Analisa kebutuhan air untuk irigasi sawah di daerah Kampar County. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggunakan data klimatologi untuk mengevaluasi kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi Sawah, Kabupaten Kampar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan air tanaman (ETc) di daerah studi berkisar antara 3,63 mm/hari hingga 4.14 mm/hari, dengan evapotranspirasi tertinggi (ET0) untuk tanaman padi pada Bulan Februari I sebesar 4.4 mm/hari, dan pada Bulan Mei II sebesar 0.11 m³/dt/ha untuk periode tanam Mei hingga Agustus. Mungkinkah kebutuhan air irigasi wilayah studi terpenuhi oleh

curah hujan efektif.

(Zevri and Isma, 2021) Studi Keseimbangan Air (Water Balanced) Daerah Aliran Sungai Asahan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis keseimbangan air (Water Balanced) antara jumlah air yang tersedia dan kebutuhan air yang ada di sekitar cakupan Daerah Aliran Sungai Asahan. Kegiatan penelitian mencakup analisis debit air andalan atau ketersediaan air dengan probabilitas 90% dengan metode FJ Mock, analisis kebutuhan air untuk irigasi domestik dan non-domestik, dan analisis keseimbangan air.

(Sitompul and Efrida, 2018) Evaluasi Ketersediaan Air Das Deli Terhadap Kebutuhan Air (Water Balanced) Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi neraca air, yaitu jumlah ketersediaan air dan kebutuhan air di DAS Deli, yang didasarkan pada alokasi air. Ada tiga tujuan khusus untuk penelitian ini: pertama, menganalisis ketersediaan air di DAS Deli, dan kedua, mengevaluasi neraca air antara ketersediaan air dan kebutuhan air di masa mendatang. Penelitian ini membutuhkan data bulanan tentang klimatologi, populasi, kebutuhan air Daerah Irigasi Namorambe, dan alokasi air di DAS Deli.