

2 LANDASAN TEORI

2.1 Analisa Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari mengenai air di bumi, seperti siklus hidrologi yang merupakan tahapan yang dilalui oleh air dari bumi ke atmosfer dan kembali ke bumi. siklus hidrologi merupakan siklus air dari permukaan bumi lalu ke atmosfer kemudian kembali ke permukaan bumi dan seterusnya. Air yang menguap ke atmosfer mengalami kondensasi dan berubah menjadi awan dan jatuh ke bumi sebagai hujan. Hujan yang turun ke bumi akan terbagi-bagi sebagian diserap oleh tumbuhan, sebagian meresap ke dalam tanah, dan sebagian akan mengalir di atas permukaan tanah (Hidayat & Empung, 2016).

Analisis hidrologi dilakukan untuk menghitung intensitas curah hujan, yang kemudian hasilnya digunakan untuk perhitungan debit rencana pada wilayah yang direncanakan. Analisis hidrologi irigasi merupakan cara untuk memprediksi debit air masuk pada kala ulang 5 tahun atau sepuluh tahun dan untuk mengetahui jumlah ketersediaan air untuk mengairi daerah irigasi.

2.2 Ketersediaan Air

Sejumlah air perlu disediakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman dan lahan. Jumlah air yang disediakan yaitu jumlah kebutuhan air dikurangi dengan hujan efektif yang terjadi. Ketersediaan air dapat berasal dari sungai, waduk, pemompaan air dan sumber lainnya. Namun, biasanya ketersediaan air berasal dari limpasan air sungai (Qarinur *et al.*, 2022).

Debit andalan (*Dependable Flow*) merupakan debit yang tersedia pada suatu lokasi sumber air yang dapat digunakan untuk menyediakan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Debit andalan biasanya digunakan untuk menghitung perencanaan irigasi, dan debit ini biasanya mudah berubah sesuai dengan kondisi musim. Untuk menghitung debit andalan, perlu dilakukan evaluasi ketersediaan air untuk menyusun rencana tata tanam (Nurdiansyah, 2022).

Debit andalan digunakan untuk memperhitungkan ketersediaan debit sepanjang tahun. Biasanya pada irigasi digunakan debit andalan sebesar 80% atau

dengan arti lain kemungkinan terpenuhinya debit sungai 80% dengan kemungkinan 20% bahwa debit sungai lebih rendah dari debit andalan. Tingkat keandalan debit dapat didasarkan pada kemungkinan kejadian, menggunakan rumus Weibull (Sri Harto,1993 dalam Sutopo & Utomo, 2002).

$$P(\%) = \frac{m}{n + 1} \cdot 100\% \quad (2.16)$$

Dimana:

P(%) : Probabilitas atau peluang terjadinya hujan (%)
 m : Nomor urut data
 n : Jumlah data

2.3 Irigasi

2.3.1 Pengertian Irigasi

Irigasi merupakan upaya penyediaan air dari sumber air, lalu dialirkan ke dalam saluran, membagikan ke petak sawah, dan membuang kelebihan air ke jaringan pembuang (Kementerian Pekerjaan Umum dan Pekerjaan Rakyat, 2019). Tujuan dibuatnya irigasi yaitu mengalirkan air dari suatu sumber ke suatu lahan secara teratur dengan tujuan memenuhi kebutuhan tanaman agar dapat tumbuh dengan optimal. Menurut PP No. 20 tahun 2006 irigasi merupakan usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak.

Irigasi merupakan usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan efektivitas kegiatan pertanian dengan mengendalikan jumlah air yang ada sesuai dengan kebutuhan pertanian (Anton, 2014).

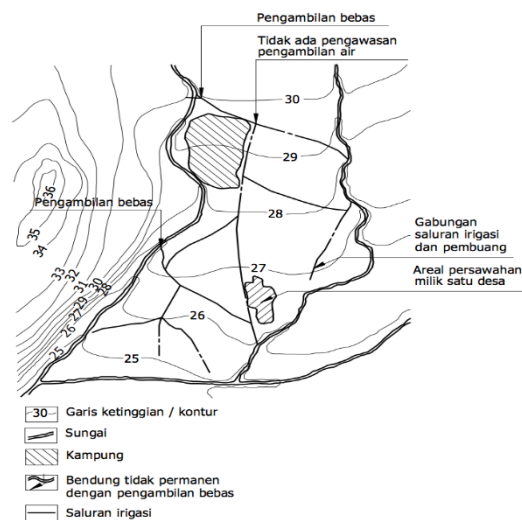
2.3.2 Klasifikasi Jaringan Irigasi

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat 2019 Pengenalan Sistem Irigasi, bahwa klasifikasi jaringan irigasi permukaan ditentukan oleh sistem jaringan irigasi, yaitu mengambil air dari sumber,

mengalirkan air ke dalam sistem saluran, membagi ke petak sawah, dan membuang kelebihan air ke jaringan pembuang (Kementerian Pekerjaan Umum dan Pekerjaan Rakyat, 2019). Berdasarkan faktor pengaturan, pengukuran debit, dan sistem pengelolaan, maka sistem jaringan irigasi diklasifikasikan menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Jaringan Irigasi Sederhana

Jaringan irigasi sederhana ini memiliki fasilitas yang sederhana dan pada umumnya air tidak diukur dan diatur. Jaringan ini biasanya banyak dibangun oleh masyarakat desa secara mandiri.

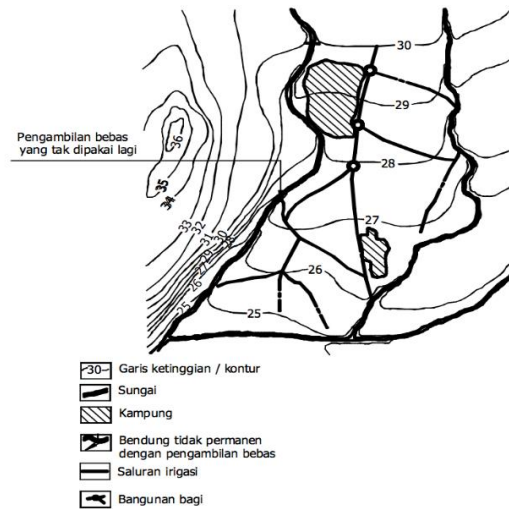


Gambar 2.1 Jaringan Irigasi Sederhana

Sumber: Pengenalan Sistem Irigasi, 2019

2. Jaringan Irigasi Semi Teknis

Jaringan irigasi semi teknik ini fasilitasnya sudah lebih baik dan lengkap dibandingkan jaringan irigasi sederhana, hanya saja belum adanya pemisahan saluran pembawa dan pembuang. Pada sistem ini juga biasanya pemerintah sudah terlibat dalam pengelolannya.

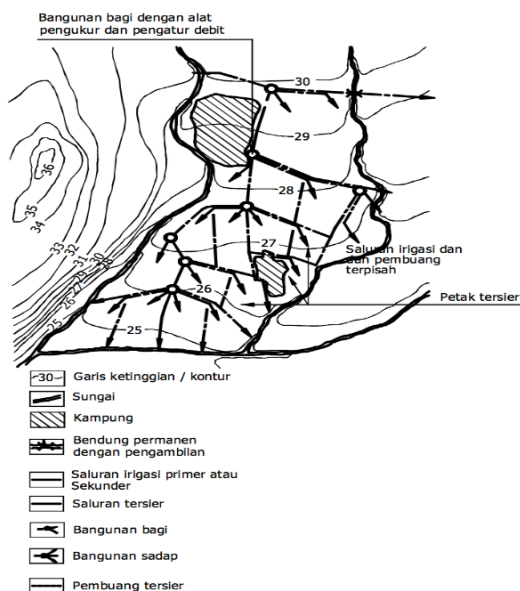


Gambar 2.2 Jaringan Irigasi Semi Teknis

Sumber: Pengenalan Sistem Irigasi, 2019

3. Jaringan Irigasi Teknis

Jaringan irigasi teknis ini memiliki fasilitas yang lengkap. Juga sudah terdapat pembagian saluran pembawa dan pembuang. Jaringan irigasi teknis ini dilengkapi dengan bangunan pengambilan yang permanen, sistem pada pembagian air dapat diukur dan diatur, serta jaringan pembawa dan pembuang sudah terpisah.



Gambar 2.3 Jaringan Irigasi Teknis

Sumber: Pengenalan Sistem Irigasi, 2019

Untuk lebih jelas melihat perbandingan ketiga klasifikasi jaringan irigasi di atas dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi Jaringan Irigasi

No	Parameter	Klasifikasi Jaringan Irigasi		
		Sederhana	Semi Teknis	Teknis
1	Bangunan Utama	Bangunan sementara	Bangunan permanen atau semi permanen	Bangunan permanen
2	Kemampuan bangunan dalam mengukur dan mengatur debit	Jelek	Sedang	Baik
3	Jaringan saluran	Saluran irigasi dan pembuang jadi satu	Saluran irigasi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah	Saluran irigasi dan pembuang terpisah
4	Petak tersier	Belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan	Belum dikembangkan atau densitas bangunan tersier jarang	Dikembangkan sepenuhnya
5	Efisiensi secara keseluruhan	Kurang < 40% (Ancar-Ancar)	Sedang 40% - 50% (Ancar-Ancar)	Tinggi 50% - 60% (Ancar-Ancar)
6	Ukuran	Tak lebih dari 500 ha	Sampai 2.000 ha	Tak ada batasan
7	Jalan usaha tani	Cenderung tidak ada	Hanya sebagian areal	Ada keseluruhan areal
8	Kondisi O&P	Tidak ada O&P	Belum teratur	Ada instansi yang menangani Dilaksanakan teratur

Sumber : Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01

Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya jaringan irigasi yang memenuhi standar yaitu jaringan irigasi teknis, karena jaringan irigasi ini bersifat permanen dan memiliki manajemen distribusi air yang baik. Oleh karena itu jaringan irigasi teknis ini akan lebih efektif dan efisien.

2.4 Curah Hujan Kawasan

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang jatuh ke tanah yang datar dengan asumsi bahwa air hujan tidak menyerap ke dalam tanah, mengalir atau

menguap. Hujan kawasan merupakan curah hujan yang ditinjau dari beberapa stasiun hujan yang datanya diolah dengan beberapa metode seperti : 1) Rata-rata aritmatika; 2) Metode Poligon Thiessen; 3) Metode Isohyet; dan 4) Metode hujan titik (Irawan *et al.*, 2020).

Metode-metode perhitungan curah hujan kawasan dapat dipertimbangkan menggunakan tinjauan luas daerahnya (Mori, 2003) sebagai berikut:

1. Daerah yang memiliki luas ≤ 250 ha dengan variasi topografi yang minimal dapat mewakili curah hujan kawasan dengan alat ukur hujan.
2. Daerah dengan luas 250 s.d. 50.000 ha dapat menggunakan metode rata-rata aritmatika dengan titik pengamatan dua sampai tiga titik stasiun hujan.
3. Daerah dengan luas 120.000 s.d.500.000 ha dapat menggunakan metode rata-rata aritmatika dengan sebaran sebaran titik pengamatan merata dan data hujan tidak dipengaruhi topografi. Namun, dapat digunakan juga metode poligon thiessen apabila titik pengamatan tidak tersebar merata.
4. Metode isohyet dapat digunakan pada daerah yang luasnya lebih dari 500.000 ha.

Pada penelitian ini data yang diperoleh dari dua stasiun hujan dan luas tinjauannya yaitu 427 ha, maka digunakan metode poligon thiessen, dengan rumus curah hujan kawasan sebagai berikut:

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.1)$$

Dimana:

- R : Curah hujan kawasan (mm)
 n : Jumlah titik pengamatan/stasiun hujan
 R_1, R_2, R_n : Curah hujan di setiap titik pengamatan (mm)
 A_1, A_2, A_n : Luas daerah di setiap titik pengamatan (km²)

2.5 Analisis Klimatologi

2.5.1 Klasifikasi Iklim Oldeman

Perubahan iklim dapat menyebabkan perubahan pada pola hujan, pergeseran musim, kenaikan suhu, dan kenaikan muka air laut. perubahan ini dapat mempengaruhi ketidakstabilan sumber daya air yang akan berpengaruh pada bidang pertanian dan berakibat pada lingkungan sekitar. Iklim yang berubah-ubah ini terjadi di Indonesia disebabkan oleh fenomena El-Nino dan fenomena El-Nina. Perubahan iklim yang terjadi di klasifikasikan Oldeman yang mengkategorikan berbagai jenis iklim di Indonesia berdasarkan urutan bulan basah dan bulan kering. Dengan adanya klasifikasi Oldeman ini, petani dapat menentukan apa yang harus mereka lakukan ketika iklim berubah, dan mereka dapat menanam padi dan tanaman palawija dengan iklim yang sesuai (Sasminto *et al.*, 2014). Disamping itu, tanaman juga dipengaruhi oleh banyak faktor seperti, iklim, sifat tanah, kesuburan tanah, teknik bercocok tanam, luas topografi, dan faktor lainnya. Oldeman mengklasifikasikan iklim berdasarkan pada jumlah air yang dibutuhkan tanaman, terutama padi dan palawija.

Klasifikasi ini berdasarkan pada Bulan Basah (BB) dan Bulan Kering (BK) untuk menentukan subdivisinya (Dwiwana *et al.*, 2019). Untuk menentukan batas yang digunakan untuk bulan basah (BB) dan bulan kering (BK) sebagai berikut:

Bulan Basah (BB) : Bulan dengan rata-rata hujan > 200 mm

Bulan Lembab (BL) : Bulan dengan rata-rata hujan 100-200 mm

Bulan Kering (BK) : Bulan dengan rata-rata hujan < 100 mm

Data mengenai klasifikasi iklim Oldeman dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 2.2 Tipe Utama Klasifikasi Iklim Oldeman

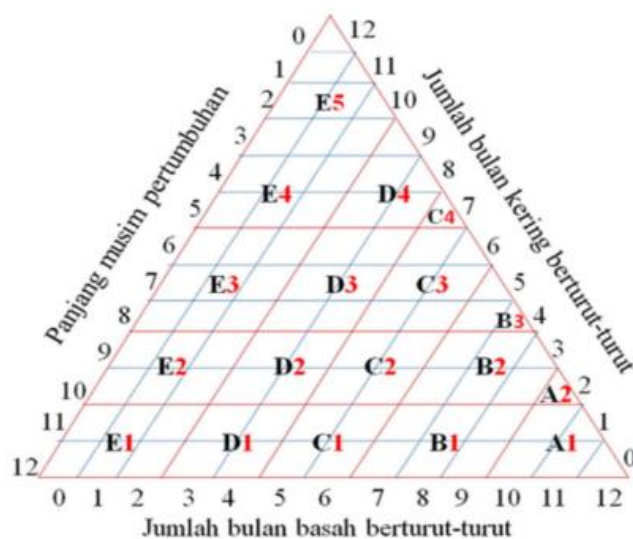
Tipe Utama	Bulan Basah Berturut-turut
A	>9
B	7 – 9
C	5 – 6
D	3 – 4
E	<3

Sumber: (Handoko, 1995 dalam Nurdiansyah, 2022)

Tabel 2.3 Subdivisi Klasifikasi Iklim Oldeman

Tipe Utama	Bulan Basah Berturut-turut
1	>9
2	7 – 9
3	5 – 6
4	3 – 4

Sumber: (Handoko, 1995 dalam Nurdiansyah, 2022)



Gambar 2.4 segitiga Oldeman

Sumber: (Oldeman *et al*, 1980 dalam Nurdiansyah, 2022)

Berikut penjelasan dari segitiga klasifikasi iklim oldeman:

Tabel 2.4 Klasifikasi Iklim Oldeman

NO	Tipe Iklim	Keterangan
1	A1, A2	Tipe iklim ini sesuai untuk menanam padi secara terus menerus, namun intensitas radiasi rendah sepanjang tahunnya, dan berakibat produksi pada tanaman berkurang.
2	B1	Tipe iklim ini sesuai untuk menanam padi secara terus menerus dan akan terjadi pelonjakan produksi ketika panen di musim kemarau.
3	B2, B3	Pada tipe iklim ini memungkinkan menanam padi dua kali dalam setahun dengan varietas umur pendek dan musim kering yang cukup pendek untuk menanam palawija.

NO	Tipe Iklim	Keterangan
4	C1	Pada tipe iklim ini hanya dapat menanam padi sekali dalam setahun, dan palawija dua kali dalam setahun.
5	C2, C3, C4	Satu tahun hanya dapat satu kali tanam padi dan penanaman palawija kedua, namun harus hati-hati jangan sampai jatuh pada bulan kering.
6	D1	Tanam padi umur pendek satu kali dan biasanya produksi bias tinggi karena kerapatan fluks radiasi tinggi. Waktu tanam palawija cukup.
7	D2, D3, D4	Dapat ditanami hanya dengan satu kali padi atau satu kali palawija, tergantung pada persediaan air irigasi.
8	E	Daerah ini pada umumnya terlalu kering hanya memungkinkan ditanami palawija satu kali dalam setahun, tergantung dengan ada tidaknya hujan.

Sumber: (Dwiyono dalam Nurdiansyah, 2022)

2.5.2 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan proses penguapan atau perubahan cairan menjadi uap yang berasal dari tanah dan tanaman. Air merupakan hal yang penting bagi tanaman, kehilangan air dapat menyebabkan pertumbuhan dan produksi tanaman menjadi berkurang. Sehingga, pengaturan air bagi tanaman dapat meningkatkan produktivitas suatu tanaman. Evapotranspirasi berperan penting dalam bidang pertanian yaitu untuk perhitungan neraca air sehingga tanaman mendapatkan air dengan cukup (Bunganaen, 2013).

Evapotranspirasi memiliki peran penting dalam keseimbangan air dan energi, sehingga perlu diketahui proses terjadinya dan proses yang mempengaruhinya. Dalam hal ini, ada beberapa pendekatan perhitungan evapotranspirasi yaitu, 1) Pan Evaporasi; 2) Penman Modifikasi; 3) Persamaan empiris Thornthwaite; dan 4) Metode Blaney-Criddle. Pada penelitian ini digunakan metode Penman Modifikasi, pada metode ini digunakan unsur-unsur iklim seperti suhu, radiasi panas matahari, kelembaban, dan kecepatan angin.

Untuk mengetahui perbandingan setiap metodenya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Perbandingan Parameter pada Setiap Rumus Eto

No	Metode	T	RH	n	H	Ra	E
1	Pan Evaporasi						✓
2	Penman	✓	✓	✓	✓	✓	
3	Thornthwaite	✓					
4	Blaney-Criddle	✓					

Dimana:

T : *temperature* (suhu)

RH : *relative humidity* (kelembaban relatif)

N : lama penyinaran matahari

H : kecepatan angin

Ra : radiasi ekstraterrestrial atau nilai angot

E : evaporasi

Pada evapotranspirasi metode Penman modifikasi digunakan rumus-rumus berikut:

$$ET_o = c[W.Rn + (1 - W).f(u).(ea - ed)] \quad (2.2)$$

$$ed = ea.RH \quad (2.3)$$

$$f(ed) = 0,34 - 0,044\sqrt{ed} \quad (2.4)$$

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9\left(\frac{n}{N}\right) \quad (2.5)$$

$$f(u) = 0,27 + \left(1 + \frac{U_2}{100}\right) \quad (2.6)$$

$$Rn1 = f(T).f(ed).f\left(\frac{n}{N}\right) \quad (2.7)$$

$$Rs = \left(0,25 + 0,54\left(\frac{n}{N}\right)\right).Ra \quad (2.8)$$

Dimana:

ET_o : Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

c : Angka koreksi Penman untuk kompensasi efek kondisi cuaca siang dan malam hari

W	:	Faktor pemberat untuk pengaruh penyiraman matahari pada evapotranspirasi potensial
$1 - W$:	Faktor pemberat untuk kecepatan angin dan kelembaban
		Fungsi pengaruh angin pada $E_{To} = 0,27 \cdot (1 + U^2/100)$, di mana U^2
$f(u)$:	merupakan kecepatan angin selama 24 jam dalam km/hari di ketinggian 2 m
e_a	:	Tekanan uap air jenuh pada suhu udara rata-rata (mbar)
e_d	:	Tekanan uap air nyata rata-rata di udara (mbar)
u	:	Kecepatan angin (km/hari atau m/detik)
$f(e_d)$:	Fungsi tekanan uap
$f(T)$:	Fungsi temperatur
$f(n/N)$:	Fungsi kecerahan matahari
RH	:	Kelembaban udara relatif (%)
R_{n1}	:	Radiasi bersih gelombang panjang
R_{ns}	:	Radiasi gelombang pendek
R_a	:	Radiasi ekstraterrestrial/nilai angot

Untuk dapat menggunakan rumus di atas, diperlukan mencari beberapa variabel, variabel tersebut yaitu:

1. Penman memberikan nilai koreksi atau faktor penyesuaian (C) dikarenakan iklim tidak selalu tetap. Faktor koreksi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.6 *Adjustment* Faktor Koreksi (C) bulanan

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
C	1,1	1,1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1,1	1,1	1,1	1,1

Sumber: Suroso A., 2011 dalam Maulana, 2023

2. Tekanan uap jenuh (e_a)

Nilai tekanan uap jenuh (e_a) dipengaruhi oleh temperatur, untuk mencari nilainya menggunakan Tabel tekanan uap jenuh (e_a) menurut temperatur udara rata-rata, dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.7 Tekanan uap jenuh (ea) menurut temperatur udara rata-rata

Temperatur (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ea (mbar)	6,1	6,6	7,1	7,6	8,1	8,7	9,3	10	10,7	11,5
Temperatur (°C)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ea (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
ea (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
ea (mbar)	42,4	44,9	47,6	50,3	53,2	56,2	59,4	62,8	66,3	69,9

Sumber: FAO Irrigation And Drainage Paper 24, 1997 dalam Maulana, 2023

3. Tekanan uap sebenarnya (ed)

Nilai tekanan uap sebenarnya (ed) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$ed = ea \cdot RH \quad (2.9)$$

Dimana:

- ea : Tekanan uap jenuh (mbar)
ed : Tekanan uap nyata (mbar)
RH : Kelembaban udara relatif (%)

4. Fungsi kecepatan angin ($f(U)$)

$$f(U) = 0,27 \cdot \left(1 + \frac{U_2}{100}\right) \quad (2.15)$$

Dimana:

- $f(U)$: Fungsi pengaruh kecepatan angin (km/hari)
Kecepatan angin di ketinggian 2 meter, selama 24 jam
 U_2 : (km/jam)

Tabel 2.8 Fungsi Kecepatan Angin $f(u)$

NO	u (km/hari)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1			0,30	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43	0,46	0,49	0,51
2	100	0,54	0,57	0,59	0,62	0,65	0,67	0,70	0,73	0,76	0,78

NO	u (km/hari)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
3	200	0,81	0,84	0,86	0,89	0,92	0,94	0,97	1,00	1,03	1,05
4	300	1,08	1,11	1,13	1,16	1,19	1,21	1,24	1,27	1,30	1,32
5	400	1,35	1,38	1,40	1,43	1,46	1,49	1,51	1,54	1,57	1,59
6	500	1,62	1,65	1,67	1,70	1,73	1,76	1,78	1,81	1,84	1,90
7	600	1,89	1,92	1,94	1,97	2,00	2,02	2,05	2,08	2,11	2,15
8	700	2,16	2,19	2,21	2,24	2,27	2,29	2,32	2,35	2,38	2,40
9	800	2,43	2,46	2,48	2,51	2,54	2,56	2,59	2,62	2,46	2,65
10	900	2,70									

Tabel 2.9 Faktor Koreksi u

Ketinggian Tempat Pengukuran (m)	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Faktor Koreksi	1,35	1,15	1,06	1,00	0,93	0,88	0,85	0,80

5. Faktor berat yang mempengaruhi penyinaran matahari (W)

Faktor berat W merupakan berat yang mempengaruhi penyinaran matahari pada evapotranspirasi potensial. Faktor berat (W) adalah hubungan antara temperatur dengan ketinggian atau secara matematis dirumuskan:

$$W = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \quad (2.9)$$

Dimana:

- W : Faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari
 Δ : Gradien perubahan tekanan uap terhadap perubahan temperatur
 γ : Konstanta psychometric

Besarnya nilai W dapat juga diambil berdasarkan ketinggian dan temperatur daerah pengamatan. Besarnya nilai W dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.10 Hubungan Faktor Penimbang (W) untuk Efek Radiasi

Temperatur °c	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
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	0,70
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	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73
3000	0,52	0,52	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75
4000	0,54	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77
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	0,76	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86
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
3000	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89
4000	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90

Sumber: Hadisusanto dalam Maulana, 2023

6. Radiasi *Netto* (R_n)

Radiasi penyinaran matahari dalam perbandingan penguapan atau radiasi matahari bersih (mm/hari). Menghitung R_n dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (2.10)$$

Dimana:

R_n : Penyinaran matahari (mm/hari)

R_{ns} : Penyinaran matahari yang diserap oleh bumi atau radiasi netto gelombang pendek (mm/hari)

R_{nl} : Radiasi yang dipancarkan oleh bumi atau radiasi netto gelombang panjang (mm/hari)

a. Penyinaran matahari yang diserap oleh bumi (Rns)

$$R_s = R_a \left(0,25 + 0,54 \left(\frac{n}{N} \right) \right) \quad (2.11)$$

Dimana:

n/N : Intensitas penyinaran matahari (%)

n : Lamanya penyinaran matahari (jam/hari)

N : Lamanya penyinaran matahari menurut astronomi dalam suatu hari

Nilai penyinaran matahari teoritis yang sampai pada

R_a : lapisan bagian atas atmosfer tergantung pada garis lintang (mm/hari)

Besarnya nilai R_a dalam satuan ekuivalen evaporasi mm/hari dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.11 Radiasi *Extra Terrestrial* (mm/hari)

NO	Lintang Utara	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	0°	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8
2	2°	14,7	15,3	15,6	15,3	14,6	14,2	14,3	14,9	15,3	15,3	14,8	14,4
3	4°	14,3	15,0	15,5	15,5	14,9	14,4	14,6	15,1	15,3	15,1	14,5	14,1
4	6°	13,9	14,8	15,4	15,4	15,1	14,7	14,9	15,2	15,3	15,0	14,2	13,7
5	8°	13,6	14,5	15,3	15,6	15,3	15,0	15,1	15,4	15,3	14,8	13,9	13,3
6	10°	13,2	14,2	15,3	15,7	15,5	15,3	15,3	15,5	15,3	14,7	13,6	12,9
7	12°	12,8	13,9	15,1	15,7	15,7	15,5	15,5	15,6	15,2	14,4	13,3	12,5

NO	Lintang Selatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	0°	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8
2	2°	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,1
3	4°	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	15,5	15,4
4	6°	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
5	8°	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
6	10°	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2
7	12°	16,6	16,3	15,4	14,0	12,5	11,6	12,0	13,2	14,7	15,8	16,4	16,5

Sumber: FAO Irrigation And Drainage Paper 24, 1997 dalam Maulana, 2023

$$Rns = (1 - \alpha).Rs \quad (2.12)$$

Dimana:

α : Persentase radiasi dipantulkan, pada metode ini diambil
 $\alpha = 0,25$

Rs : Radiasi gelombang pendek atau radiasi yang sampai ke bumi
 (mm/hari)

b. Radiasi netto gelombang panjang ($Rn1$)

Menghitung nilai radiasi yang dipancarkan oleh bumi ($Rn1$) dengan rumus sebagai berikut:

$$Rn1 = f(T).f(ed).f(n/N) \quad (2.13)$$

Dimana:

$f(ed)$: Fungsi tekanan uap air

$$f(ed) = 0,34 - 0,044(ed)^{0,5} \quad (2.14)$$

Dimana:

ed : Tekanan uap nyata (mbar)

$$f\left(\frac{n}{N}\right) = 0,1 + 0,9\left(\frac{n}{N}\right) \quad (2.15)$$

Dimana:

n/N : Rasio lama penyinaran matahari

$f(n/N)$: Fungsi rasio lama penyinaran matahari

$f(T)$: Fungsi temperatur

Dimana nilai koreksi akibat temperatur $f(T)$, dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2.12 Pengaruh Temperatur Udara $f(T)$ pada radiasi gelombang

Temperatur (°c)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$f(T)$	11	11,4	11,7	12	12,4	12,7	13,1	13,5	13,8	14,2
Temperatur (°c)	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
$f(T)$	14,6	15	15,4	15,9	16,3	16,7	17,2	17,7	18,1	

Sumber: hadissusanto dalam Maulana, 2023

Tabel 2.13 Pengaruh Tekanan Uap $f(ed)$ terhadap Rn_1

ed mbar	6	8	10	12	14	16	18	20	22
f (ed)	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13
ed mbar	24	26	28	30	32	34	36	38	40
f (ed)	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06

Tabel 2.14 Pengaruh Persentase Penyinaran Matahari $f(n/N)$ terhadap Rn_1

n/N	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
f(n/N)	0,10	0,15	0,19	0,24	0,28	0,33	0,37	0,42	0,46	0,51	0,55
n/N	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	
f(n/N)	0,60	0,64	0,69	0,73	0,78	0,82	0,87	0,91	0,96	1,00	

7. Koefisien albedo dapat ditentukan dengan sifat permukaan seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.15 Koefisien Albedo

NO	Jenis Permukaan	Albedo (a)
1	Air Terbuka	0,05 – 0,15
2	Batuan	0,12 – 0,15
3	Pasir	0,10 – 0,20
4	Tanah Kering	0,14
5	Tanah Basah	0,08 – 0,09
6	Hutan	0,05 – 0,02
7	Rumput	0,10 – 0,33
8	Rumput Kering	0,15 -0,25
9	Salju	0,9
10	Es	0,40 – 0,50
11	Tanaman	0,2

2.6 Kebutuhan Air

Kebutuhan air irigasi merupakan jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, dan kebutuhan air dengan mempertimbangkan air hujan dan air tanah (Fitriansyah *et al.*, 2020). Kebutuhan air terdiri dari evapotranspirasi dari tanaman, evaporasi dari lahan, perkolasi ke dalam tanah, dan jumlah air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman (Mori, 2003).

2.6.1 Persiapan Lahan

Persiapan lahan dilakukan untuk menjenuhkan tanah dan menstabilkan lapisan air sebelum padi ditanam. Hal ini juga berguna untuk menyeimbangkan adanya kehilangan air yang disebabkan oleh perkolasi dan evaporasi. Faktor yang mempengaruhi jumlah kebutuhan air untuk persiapan lahan, yaitu (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013):

1. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan persiapan lahan.
2. Jumlah air yang diperlukan untuk menyiapkan lahan.

Van De Goor dan Zijlsha (1968) mengembangkan metode yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air irigasi selama persiapan lahan. Metode tersebut berdasarkan pada laju air konstan dalam lt/s/ha selama persiapan lahan berlangsung, dengan rumus sebagai berikut (Sutopo & Utomo, 2002):

$$IR = \frac{Me^k}{e^k - 1} \quad (2.17)$$

Dimana:

- IR : Kebutuhan air irigasi untuk pengolahan tanah (mm/hari)
M : Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan (mm/hari)
e : Bilangan eksponensial (2,71872)

$$M = Eo + P \quad (2.18)$$

Dimana:

- P : Perkolasi
Eo : Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 Eto selama persiapan lahan (mm/hari)
k : Konstanta

$$K = M.T/S \quad (2.19)$$

Dimana:

- P : Perkolasi
Eo : Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 Eto selama persiapan lahan (mm/hari)

Dibutuhkan waktu 1,5 bulan untuk persiapan petak tersier. Jika persiapan petak tersier dilakukan menggunakan mesin waktu satu bulan dapat dipertimbangkan. Untuk pengolahan sawah (*puddling*) diperlukan kebutuhan air

sebesar 200 mm. Hal ini meliputi penjenuhan (*presaturation*) dan penggenangan sawah, namun akan ditambah kembali lapisan air 50 mm pada awal transplantasi.

Angka 200 mm di atas menunjukkan bahwa tanah tersebut bertekstur berat, cocok digenangi, dan belum berair (tidak ditanami) selama lebih dari 2,5 bulan. Jika tanah dibiarkan berair lebih lama, 250mm diperlukan untuk menyiapkan lahan dan juga air untuk persemaian (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013). Berikut tabel kebutuhan air untuk persiapan lahan.

Tabel 2.16 Kebutuhan Air Irigasi Selama Persiapan Lahan

No	$E_0 + P$	T = 30 hari		T = 45 hari	
	(mm/hari)	S 250 mm	S 300 mm	S 250 mm	S 300 mm
1	5,0	11,1	12,7	8,4	9,5
2	5,5	11,4	13,0	8,8	9,8
3	6,0	11,7	13,3	9,1	10,1
4	6,5	12,0	13,6	9,4	10,4
5	7,0	12,3	13,9	9,8	10,8
6	7,5	12,6	14,2	10,1	11,1
7	8,0	13,0	14,5	10,5	11,5
8	8,5	13,3	14,8	10,8	11,8
9	9,0	13,6	15,2	11,2	12,1
10	9,5	14,0	15,5	11,6	12,5
11	10,0	14,3	15,8	12,0	12,9
12	10,5	14,6	16,2	12,4	13,2
13	11,0	15,0	16,5	12,8	13,6

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air,
2013

2.6.2 Penggunaan Konsumtif

Kebutuhan air yang dibutuhkan tanaman untuk memenuhi kehilangan air melalui evapotranspirasi dalam waktu tertentu agar tanaman dapat tumbuh dan menghasilkan produksi secara optimal ini disebut sebagai kebutuhan air konsumtif. Persamaan yang digunakan untuk menghitung penggunaan air konsumtif tanaman, yaitu:

$$ET_c = kc \cdot ET_o \quad (2.20)$$

Dimana:

- ET_c : Kebutuhan air tanaman (mm/hari)
 kc : Koefisien tanaman. Nilai koefisien tanaman berbeda-beda tergantung jenis tanaman dan fase pertumbuhan.
 ET_o : Evapotranspirasi (mm/hari)

Varietas yang ditanam selama masa tanam mempengaruhi jumlah air yang dibutuhkan tanaman. Nilai koefisien tanaman yang digunakan untuk menghitung jumlah air yang dibutuhkan tanaman selama 15 hari. Koefisien tanaman yang digunakan berdasarkan nilai koefisien FAO. Berikut tabel koefisien tanaman padi dan palawija.

Tabel 2.17 Koefisien Tanaman Padi

No	Bulan	Nedeco/Prosida		FAO	
		Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
1	0,5	1,2	1,2	1,1	1,1
2	1,0	1,2	1,3	1,1	1,1
3	1,5	1,3	1,3	1,1	1,05
4	2,0	1,4	1,3	1,1	1,05
5	2,5	1,4	1,3	1,1	0,95
6	3,0	1,2	0,0	1,05	0,0
7	3,5	1,1		0,95	
8	4,0	0,0		0,0	

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air,
2013

Tabel 2.18 Koefisien Tanaman Palawija

No	Tanaman	Jangka Tumbuh (hari)	Setengah bulan ke-								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Kedelai	85	0,5	0,75	1,0	1,0	0,82	0,45			
2	Jagung	80	0,5	0,59	0,96	1,0	1,02	0,95			
3	Kacang tanah	130	0,5	0,51	0,66	0,85	0,95	0,95	0,95	0,55	0,55
4	Bawang	70	0,5	0,51	0,69	0,90	0,90				
5	Buncis	75	0,5	0,64	0,89	0,95	0,88				

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air,
2013

2.6.3 Perkolasi

Perkolasi merupakan proses masuknya air ke dalam tanah dengan bantuan gravitasi hingga mencapai lapisan tanah yang dalam keadaan jenuh (Takaendengan & Abbas, 2021). Kebutuhan air tanaman (Etc = evaporasi konsumtif) salah satu faktornya ditentukan oleh perkolasi. Laju perkolasi sangat bergantung pada sifat tanah. Tanah lempung berat dengan karakteristik pengelolaan (*puddling*) yang baik dapat memiliki laju perkolasi hingga 1-3 mm/hari, sedangkan tanah yang lebih ringan dapat memiliki laju perkolasi yang lebih tinggi. Hasil penelitian lapangan menunjukkan bahwa laju perkolasi sangat bergantung pada sifat tanah (tekstur dan struktur) dan karakteristik pengolahan.

Tabel 2.19 Harga Perkolasi dari Berbagai Jenis Tanah

No	Macam Tanah	Perkolasi (mm/hari)
1	Sandy loam (geluh pasir)	3 – 6
2	Loam (geluh)	2 – 3
3	Clay (lempung)	1 – 2

Sumber: Soemarto, 1986

2.6.4 Pergantian Lapisan Air

Pergantian lapisan air dilakukan setelah pemupukan, dan pergantian lapisan air ini dilakukan sesuai dengan kebutuhan. Jika tidak ada jadwal, pergantian dilakukan dua kali, masing-masing 50 mm/bulan (atau 3,3 mm/hari selama 1/2 bulan) selama sebulan dan sampai dua bulan setelah transplantasi (Sutopo & Utomo, 2002).

2.6.5 Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif bulanan untuk irigasi adalah 70% dari curah hujan minimum tengah bulanan dengan kala ulang lima tahun. Curah hujan ini dapat memenuhi kebutuhan air tanaman selama masa pertumbuhan (Qarinur *et al.*, 2022). Tanaman menggunakan curah hujan efektif untuk memenuhi kehilangan air karena evapotranspirasi, perkolasi, dan faktor lainnya. Jenis tanaman juga menentukan berapa banyak hujan yang dapat mereka gunakan. Adapun cara menghitung curah hujan efektif dengan ketentuan berikut.

1. Curah hujan yang ≤ 5 mm/hari tidak dianggap sebagai curah hujan efektif.
2. Curah hujan efektif yang berkisar antara 5 – 36 mm/hari; curah hujan lebih dari 36 mm/hari tidak dianggap efektif.
3. Jumlah curah hujan yang berturut-turut dihitung sebagai curah hujan efektif. Jika ada satu hari dimana curah hujan berhenti, tetap dianggap curah hujan berturut-turut dan dihitung sebagai curah hujan efektif. Jumlah curah hujan berturut-turut adalah $30+6HH$ (HH = jumlah hari hujan yang dihitung).
4. Curah hujan yang tidak berurutan, tidak dianggap sebagai curah hujan efektif. Jika hujan tidak terjadi selama dua hari terakhir.

Curah hujan efektif ini berguna untuk:

- a. Perhitungan kebutuhan air irigasi.
- b. Perencanaan sistem saluran irigasi dan drainase.

Curah hujan efektif ditentukan oleh R_{80} , yang merupakan tingkat curah hujan yang dapat melampaui 80%. Dengan kata lain nilai curah hujan efektif dengan kemungkinan tak terpenuhi sebesar 20%, ditentukan dengan analisis frekuensi (Hidayat *et al.*, 2020). Dinyatakan dengan rumus berikut:

$$R_{80} = \frac{m}{n + 1}, m = R_{80} \times (n + 1) \quad (2.21)$$

Dimana:

- R_{80} : Curah hujan sebesar 80%
 n : Jumlah data
 M : Rangkaian curah hujan yang dipilih

Curah hujan efektif untuk padi yaitu 70% dari curah hujan tengah bulanan dan lebih dari 80% selama periode tersebut. Sedangkan untuk palawija curah hujan efektifnya ditentukan dengan periode bulanan (terpenuhi 50%) yang berkaitan dengan tabel ET tanaman rata-rata bulanan dan curah hujan rata-rata bulanan.

Untuk padi:

$$R_{e\text{ padi}} = R_{80} \cdot 70\% \quad (2.22)$$

Untuk palawija:

$$R_{e\text{ palawija}} = R_{80} \cdot 50\% \quad (2.23)$$

Dimana:

- R_e : Curah hujan efektif (mm/hari)

2.6.6 Koefisien Tanaman

Koefisien tanaman merupakan hubungan antara evapotranspirasi (ET_o) dengan evapotranspirasi tanaman acuan (ET_{tanaman}) menggunakan rumus *Penman* (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013). Nilai evapotranspirasi pada padi bervariasi tergantung nilai koefisien tanaman (K_c) yang tidak tentu sesuai dengan tahap pertumbuhan dari tanaman. Nilai evapotranspirasi potensial (ET_o) diperkirakan dengan menggunakan K_c sebagai faktor perkalian dari ET_c . Koefisien tanaman padi sangat diperlukan untuk mendapatkan nilai air yang tepat untuk memenuhi kebutuhan tanaman (Khalid *et al.*, 2019). Untuk koefisien tanaman padi dan palawija dapat dilihat pada tabel 2.17 dan tabel 2.18.

2.6.7 Efisiensi irigasi

Efisiensi irigasi merupakan salah satu hal penting berjalannya suatu sistem jaringan irigasi. Teori dasar efisiensi irigasi adalah bahwa sebagian besar air yang diambil akan hilang baik di saluran maupun di petak sawah. Kehilangan air ini disebabkan oleh kegiatan eksploitasi, evaporasi dan rembesan. Jumlah air yang harus diberikan kepada bangunan pengambilan atau intake harus lebih besar daripada jumlah air yang dibutuhkan sawah karena kehilangan air yang disebabkan oleh eksploitasi dan evaporasi pada umumnya relatif kecil (Sutopo & Utomo, 2002). Besarnya efisiensi irigasi tergantung dari besarnya kehilangan air yang terjadi pada saluran pembawa, mulai dari embung sampai ke lahan.

1. Kehilangan air di saluran primer, Faktor koefisien 1,10.
2. Kehilangan air di saluran sekunder, Faktor koefisien 1,15.
3. Kehilangan air di saluran tersier, Faktor koefisien 1,25.

2.6.8 Areal Tanaman

Areal tanaman adalah lahan dimana jaringan irigasi mengalir. Luas areal tanam di daerah pengairan dengan jaringan irigasi yang baik untuk tanaman akan berdampak pada jumlah air yang dibutuhkan.

2.6.9 Pola Tanam

Pola tanam merupakan perpaduan antara kebutuhan air dan sumber air yang tersedia. Pola tanam ini merupakan proses mengaturnya waktu, tempat, dan jenis tanaman selama musim hujan dan kemarau serta mengoptimalkan penggunaan air untuk mencapai tingkat produksi terbaik. Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan. Berikut merupakan pola tanam yang dapat dipakai.

Tabel 2.20 Pola Tanam

No	Ketersediaan Air Untuk Jaringan Irigasi	Pola Tanam Dalam Satu Tahun
1	Tersedia air cukup banyak	Padi – Padi – Palawija
2	Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi – Padi – Bera Padi – Palawija – Palawija
3	Daerah yang cenderung kekurangan air	Padi – Palawija – Bera Palawija – Padi – Bera

Sumber: S.K. Sidharta, 1997 dalam Nurdiansyah, 2022

2.6.10 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi merupakan banyaknya jumlah air yang diperlukan oleh tanaman untuk dapat tumbuh dengan baik. Besarnya kebutuhan air tergantung dari jenis dan masa pertumbuhan tanamannya (Sriwijayanti, 2017).

1. Kebutuhan Air Di Sawah Untuk Padi

Perhitungan jumlah air yang masuk dan keluar dari lahan sawah adalah bagian dari perhitungan jumlah air yang diperlukan untuk padi di sawah. Hujan yang sengaja diairi dari saluran irigasi dan perkolasi dari sawah yang lebih tinggi dapat menyebabkan jumlah air di petakan sawah meningkat. Proses penanaman padi memerlukan air dengan jumlah yang cukup besar mulai dari penggarapan tanah dan pada masa persemaian atau pembibitan. Oleh karena itu, kebutuhan air padi di sawah dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$NFR = ETc + P + WLR - Re \quad (2.24)$$

Dimana:

- NFR : Netto Field Water Requirement (kebutuhan air bersih di sawah (mm/hari))
 Etc : Penggunaan air konsumtif tanaman (mm/hari)
 P : Perkolasi (mm/hari)
 WLR : Pergantian lapisan air (mm/hari)
 IR : Kebutuhan air untuk pengolahan tanah (mm/hari)
 Re : Curah hujan efektif (mm/hari)

2. Kebutuhan Air Di Sawah Untuk Palawija

$$NFR = ETc + P - Re \quad (2.25)$$

2.7 Neraca Air

Siklus hidrologi lingkungan menyatakan bahwa jumlah air pada suatu area di permukaan bumi dipengaruhi oleh jumlah air yang masuk dan jumlah air yang keluar dalam jangka waktu tertentu. Jumlah air yang masuk dan keluar pada suatu area dikenal juga dengan neraca air (*water balance*). Nilai neraca air selalu berubah karena sifat air yang dinamis, sehingga memiliki kemungkinan adanya kelebihan air (surplus) maupun kekurangan air (defisit). Apabila kelebihan dan kekurangan air ini terjadi secara ekstrim dapat menimbulkan bencana, namun dapat dicegah dengan pengelolaan yang baik terhadap lahan dan lingkungannya. Neraca air dapat dihitung dengan mempertimbangkan jumlah pemasukan, pengeluaran dan perubahan tampungan pada batasan waktu tertentu. Untuk dapat memenuhi kebutuhan air tanaman, maka nilai neraca air harus lebih besar atau sama dengan satu (Qarinur *et al.*, 2022). Nilai dari neraca air dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Neraca Air = Ketersediaan Air - Kebutuhan Air \quad (2.26)$$

2.8 Hidrometri

Hidrometri merupakan pengkajian mengenai pengukuran air dan pengumpulan data dasar analisis hidrologi. Hidrometri juga melibatkan beberapa komponen seperti curah hujan, debit aliran, evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi dan penggunaan air oleh tanaman (Etc). Penggunaan data hidrometri digunakan

dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya air, pengendalian banjir, irigasi, dan studi perubahan iklim. Hidrometri mencakup pengukuran air seperti:

1. Diatas permukaan air: pengukuran kelembaban udara, hujan, evaporasi, dan evapotranspirasi.
2. Permukaan air: Pengukuran tinggi muka air, kecepatan aliran, dan debit aliran.
3. Di bawah permukaan air: pengukuran kelembaban tanah daya infiltrasi, dan aliran air tanah.

Hidrometri dapat membantu menentukan kebutuhan air, mengoptimalkan distribusi air, mencegah kekurangan air dan memastikan air digunakan dengan efisien. Agar air dapat dengan optimal terdistribusi maka dilakukan pengukuran debit dengan melakukan pengukuran langsung. Pada pengukuran ini akan digunakan *current meter*, yang kemudian dilakukan pengukuran kecepatan dan luas tampang alirannya menghasilkan nilai suatu debit (R. Permana, B. Agus Kironoto, 2015).

2.8.1 Pengukuran Debit

Pengukuran debit merupakan pengukuran kecepatan aliran, luas penampang basah, dan kedalaman. Penampang basah dihitung berdasarkan lebar saluran dan muka air. Nilai debit dapat dihitung dengan rumus:

$$q_x = V_x a_x \quad (2.27)$$

$$Q = \sum_{x=1}^n q_x \quad (2.28)$$

Dimana:

- q_x : Debit pada bagian ke x, (m³/s)
- V_x : Kecepatan aliran rata-rata pada bagian penampang ke x (m/s)
- a_x : Luas penampang basah pada bagian ke x (m²)
- Q : Debit seluruh penampang (m³/s)
- n : Banyaknya penampang bagian

2.8.2 Perhitungan kecepatan Aliran

1. Kecepatan aliran tiap titik

Kecepatan aliran di tiap titik dihitung dengan rumus:

$$N < n_i, V = p. N + q \quad (2.29)$$

$$N > n_i, V = r. N + s \quad (2.30)$$

Dimana:

Jumlah putaran baling-baling, dibagi dengan waktu pengukuran,

$$N : N = \frac{R}{T}$$

R : Jumlah putaran baling-baling

T : Waktu pengukuran

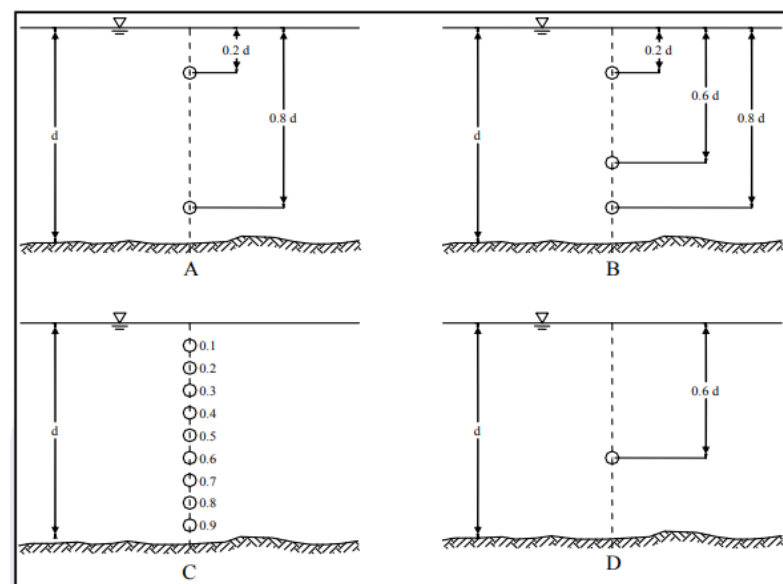
n_i : Batas jumlah putaran baling-baling

V : Kecepatan aliran (m/s)

p, q, r, s : Koefisien berdasarkan kalibrasi *current meter* alat ukur arus

2. Kecepatan aliran rata-rata pada jalur vertikal

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan pada setiap jalur vertikal dengan metode 1 titik, 2 titik, dan 3 titik tergantung dari kedalaman air dan ketelitiannya.



Gambar 2.5 SNI 8066:2015 pengukuran kecepatan aliran dengan cara 1 titik, 2 titik, dan 3 titik

Sumber: (Nasional, 2015).

Kecepatan rata-rata dihitung dengan menggunakan rumus:

a) Apabila menggunakan cara satu titik:

$$\bar{V} = V_{0,6} \quad (2.31)$$

b) Apabila menggunakan cara dua titik:

$$\bar{V} = \frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2} \quad (2.32)$$

c) Apabila menggunakan cara tiga titik:

$$\bar{V} = \left[\left(\frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2} \right) + V_{0,6} \right] \times \frac{1}{2} \quad (2.33)$$

Dimana:

- V : Kecepatan aliran rata-rata pada suatu vertikal (m/s)
- $V_{0,2}$: Kecepatan aliran pada titik 0,2 d (m/s)
- $V_{0,6}$: Kecepatan aliran pada titik 0,6 d (m/s)
- $V_{0,8}$: Kecepatan aliran pada titik 0,8 d (m/s)

3. Perhitungan penampang basah

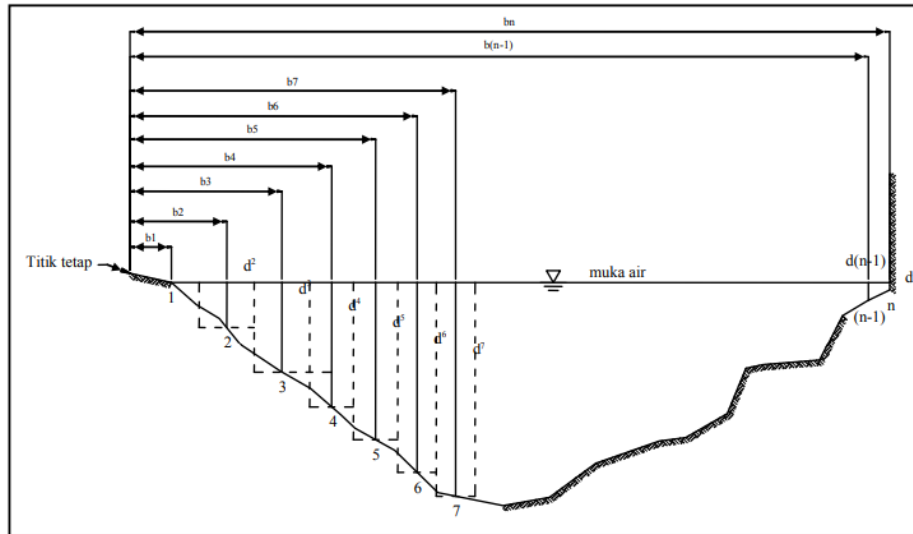
Luas penampang basah dihitung dari kedalaman air dan lebar sungai seperti yang tertera di gambar 2.6. kedalaman air diperoleh dengan cara mengukur kedalaman air pada titik pengukuran dengan menggunakan tongkat penduga atau kabel pengukur. Rumus berikut digunakan untuk menghitung luas penampang basah:

$$a_x = \frac{b_{(x+1)} - b_{(x-1)}}{2} d_x \quad (2.34)$$

$$A = \sum_{x=1}^n a_x \quad (2.35)$$

Dimana:

- a_x : Luas penampang basah pada bagian ke x (m²)
- $b_{(x+1)}$: Jarak titik vertikal sesudah titik vertikal ke x dari titik tetap (m)
- $b_{(x-1)}$: Jarak titik vertikal sebelum titik vertikal ke x dari titik tetap (m)
- d_x : Kedalaman pada titik vertikal ke x (m)
- A : Luas seluruh penampang basah (m²)



Gambar 2.6 SNI 8066:2015 Penampang melintang pengukuran debit dengan menggunakan penampang tengah

Sumber: (Nasional, 2015)

4. Tinggi muka air rata-rata

Tinggi muka air rata-rata pada saat pengukuran dihitung dengan:

- a) Bila perbedaan tinggi muka air pada saat awal dan akhir pengukuran kurang dari 10 cm, rata-rata tinggi muka air dihitung dengan rumus:

$$\bar{H} = \frac{H_a + H_z}{2} \quad (2.36)$$

- b) Bila perbedaan tinggi muka air pada saat awal dan akhir pengukuran lebih besar atau sama dengan 10 cm, rata-rata tinggi muka air dihitung dengan rumus:

$$\bar{H} = \frac{q_1 h_1 + q_2 h_2 + \dots + q_n h_n}{Q} \quad (2.37)$$

Dimana:

- \bar{H} : Rata-rata tinggi muka air pengukuran (m)
- H_a : Muka air pada saat mulai pengukuran (m)
- H_z : Muka air pada saat akhir pengukuran (m)
- q_1, q_2, \dots, q_n : Debit interval waktu 1, 2, ..., n (m^3/s)
- h_1, h_2, \dots, h_n : Tinggi muka air rata-rata pada interval waktu 1, 2, ..., n (m)

5. Kecepatan air rata-rata pada penampang sungai atau saluran terbuka

Kecepatan aliran rata-rata dihitung dengan rumus:

$$\bar{V} = \frac{Q}{A} \quad (2.38)$$

Dimana:

\bar{V} : Kecepatan aliran rata-rata pada seluruh penampang (m/s)

A : Luas seluruh penampang basah (m²)

Q : Debit seluruh penampang (m³/s)